Oecon.
85b c/

8. Dec. 856c

Hesse

PYTHIUM DE BARYANUM.

BIBLIOTECA DE CATALUNYA

PYTHIUM DE BARYANUM

ein endophytischer Schmarotzer

in

den Geweben der Keimlinge der Leindotter, der Rüben, des Spergels und einiger anderer landwirthschaftlichen Kulturpflanzen.

Inaugural-Dissertation

der philosophischen Facultät zu Göttingen

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Dr. Rudolph Hesse,
aus Sangerhausen.

BIBLIOTHECA HORTA NOVAE-SYLVAE

Halle a/S.
Druck von Otto Hendel.
1874.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Seinem lieben Schwiegervater

Herrn Regierungsrath Kochendörffer

gewidmet

vom Verfasser.

Vorwort.

Das Interesse, mit welchem gegenwärtig eine grosse Anzahl von Landwirthen die wissenschaftlichen Untersuchungen der Krankheiten der Kulturgewächse verfolgt, berechtigt mich zu der Hoffnung, dass vorliegendes Schriftchen dem wissenschaftlich gebildeten Landwirth nicht unerwünscht kommen wird. Es fügt dasselbe den bisher bekannt gewordenen endophytischen Schmarotzern eine neue Species hinzu, die nicht eine sondern mehrere Arten von allgemein angebauten landwirthschaftlichen Nutzpflanzen bewohnt und unter günstigen Entwickelungsbedingungen einen sehr verderblichen Einfluss auf den Gesundheitszustand dieser Gewächse auszuüben vermag.

Meinem hochgeehrten Lehrer, Herrn Prof. de Bary statte ich für die während meiner Arbeit überaus freundliche Gewährung von Rath und Unterstützung meinen ergebensten Dank ab.

Beberbeck, im October 1874.

Der Verfasser.

Am 28. Mai 1872 wurden Aussaaten von zahlreichen Kulturpflanzen, von Mais, Hirse, Spergel, Esparsette, Leindotter, Wiesenklee, Zuckerrüben etc. gemacht, um beabsichtigtermassen physiologische Untersuchungen, besonders solche, die auf den Stoffwechsel Bezug nahmen, in den verschiedenen Entwickelungsstadien dieser Gewächse anzustellen. Das Saatgut entstammte dem landwirthschaftlichen Institutsgarten zu Halle und die Aussaaten erfolgten in eine aus dem botanischen Garten zu Strassburg entnommene Erde, die, bevor sie in Blumentöpfe gebracht wurde, etwas mit Wasser angefeuchtet und der Luft ganz kurze Zeit zum Abtrocknen an ihrer Oberfläche ausgesetzt war. In dieser humusreichen Gartenerde keimten die unter entsprechender Tiefe ausgelegten Samen der erwähnten Kulturpflanzen nach Verlauf weniger Tage und auch nicht ein einziger Keimling liess ein abnormes Verhalten in seiner Entwickelung erkennen. Es wurde die nöthige Sorgfalt bezüglich der Wasserzufuhr beobachtet, um namentlich einem plötzlichen Austrocknen der Gartenerde in der Luft des Laboratoriums, in der die Pflänzchen sich befanden, vorzubeugen, die sich einstellenden Unkrautspuren wurden vorsichtig entfernt, die Belichtungsverhältnisse berücksichtigt und überhaupt wurde Alles gethan, was der Anforderung entsprach, gesundes und soweit es unter den gegebenen Bedingungen möglich war, kräftiges Material zu erzielen.

Schon hatten die physiologischen Untersuchungen an einigen Keimpflänzchen von Beta und Onobrychis in den ersten Stadien ihrer Keimung begonnen, als die Aufmerksamkeit auf etliche, sechs Tage alte, plötzlich erkrankte Keimlinge von Camelina sativa gezogen wurde. Dieselben zeigten eine starke Neigung gegen die Bodenoberfläche und documentirten einen krankhaften Zustand beson-

ders durch die Eigenthümlichkeit, dass sie an dem hypocotylen Glied nicht weit von der Ansatzstelle der Cotyledonen bis zum Wurzelanfang herab eine auffallende Verschmälerung erkennen liessen gegenüber dem kurzen Stück unmittelbar unter den Cotyledonarblättern. Ein solches erkranktes Keimlingsexemplar der Camelina, unter das Mikroscop gelegt, zeigte, dass das fadenförmige, verschmälerte Stück seines hypocotylen Gliedes der Epidermis und des Rindenparenchyms entbehrte und dass es lediglich aus den noch erhaltenen Fibrovasalelementen bestand, dass dagegen das kurze, dickere Endstückchen unmittelbar unter den Cotyledonen zwar Epidermis, Rindenparenchym und Fibrovasalelemente besass, dass aber ein Pilzmycelium in seinen Parenchymzellen wucherte. Nachdem nun noch an weiteren Pflänzchen von Camelina sativa gleichfalls dasselbe Mycelium im Rindenparenchym des hypocotylen Gliedes nachgewiesen war, lag die Vermuthung nahe, dass ein Pilz die Ursache dieses kränkelnden Zustandes der Keimlinge sein könnte und unter Einstellung der in Angriff genommenen physiologischen Untersuchungen wurden die myceliumführenden Keimlinge unter später zu beschreibenden Manipulationen in Verhältnisse gebracht, die dem Mycelium eine bequem zu beobachtende weitere Entwickelung gestatteten und es hat sich im Verlaufe der Untersuchungen herausgestellt, dass dieses Mycelium einem Pilze der Familie der Saprolegnieen und zwar einer noch nicht beschriebenen Species der Gattung „Pythium“ angehört und dass in der That dieser Pilz die alleinige Ursache der soeben in ihren Symptomen nur erst kurz angedeuteten Krankheit der Camelinakeimlinge war.

Bisher ist eine Saprolegniee mit einer einzigen gleich zu nennenden Ausnahme wol noch nicht in oder auf einer lebenden phanerogamen Pflanze beobachtet worden, es waren nur solche Saprolegnieen bekannt, die auf ins Wasser gefallenen thierischen und pflanzlichen Resten, namentlich auf den Leichen von Fliegen und Fischen leben, oder aber

Algen, besonders Spirogyren parasitisch bewohnen. Die einzige Beobachtung einer Saprolegniee als Endophyt in einer lebenden phanerogamen Pflanze hat Prof. de Bary vor ungefähr zehn Jahren gemacht. Dieser mein hochverehrtester botanischer Lehrer war damals, wie er mir mitgetheilt hat, mit der Untersuchung von Cystopus candidus beschäftigt und hatte Aussaaten von Capsella bursa pastoris in Gartenerde gemacht, um den Cystopus zu inficiren. Ehe noch die aufgegangenen Capsellapflänzchen mit Cystopusschwärmsporen in Berührung gebracht waren, zeigten sich einige Exemplare derselben durch starke Neigung gegen die Bodenoberfläche wie im Absterben begriffen und wie bei der Camelina sativa war an dem hypocotylen Glied der einzelnen Keimlinge die mit unbewaffnetem Auge sichtbare auffallende Verschmälerung vorhanden. Auch hatte die sofort eingeleitete mikroscopische Untersuchung ein Pilzmycelium im Rindenparenchym der Capsellakeimlinge nachgewiesen, das bei weiterer Entwickelung keinen Zweifel liess, es einem Pilze der Gattung Pythium unter den Saprolegnieen zuzurechnen. Diese von Prof. de Bary damals in den Capsellapflänzchen entdeckte Saprolegnieenspecies ist nicht beschrieben worden, höchst wahrscheinlich ist es aber, dass sie nach den aufbewahrten Skizzen identisch war mit derjenigen, welche von mir in den Camelinakeimlingen vorgefunden wurde und der ich deshalb den Namen „Pythium de Baryanum“ gegeben habe.

Bevor nun zu einer ausführlichen Schilderung dieser Saprolegnieenspecies geschritten werden soll, wird es zweckmässig sein, einige allgemeine Bemerkungen über die Familie der Saprolegnieen und deren Litteratur vorauszuschicken.

Es ist bekannt, dass die Saprolegnieen bis auf den heutigen Tag eine zweifelhafte Stellung unter den Thallophyten einnehmen. Während Pringsheim dieselben einmal wegen der bei ihnen stattfindenden Schwärmsporenbildung und dann wegen der angeblichen Uebereinstimmung ihrer Sexualorgane mit denen der Conferven zu den Algae

stellt, glaubt de Bary die Saprolegnieen deshalb in die Abtheilung der Fungi versetzen zu müssen, weil sie des Chlorophylls und der Stärke entbehren und darum wie jede Pilzspecies ausschliesslich nur auf vorgebildeter organischer Materie angetroffen werden. Dabei stellt de Bary die Schwärmsporenbildung bei den Saprolegnieen durchaus nicht in Frage, er deutet aber darauf hin, dass bei den, den Saprolegnieen äusserst nahe verwandten Peronosporeen unter den Pilzen eine solche auch beobachtet wird, er leugnet ferner nicht, dass eine grosse Aehnlichkeit zwischen den Sexualorganen der Saprolegnieen und denen der Conferven vorhanden ist, er behauptet aber, dass eine vollständige Uebereinstimmung dieser Organe deshalb nicht angenommen werden darf, weil die bei den Conferven in den Antheridien stets vorhandenen Spermatozoiden bei den Saprolegnieen fehlen oder wenigstens nicht mit unzweifelhafter Gewissheit nachgewiesen worden sind; auch hält de Bary die Bildung von Spermatozoiden als befruchtendes Element der Oogonien bei den Saprolegnieen deshalb für gar keine nothwendige Sache, weil wiederum in der Pilzfamilie der Peronosporeen die nämlichen befruchtenden Organe, die Pollinodien, welche vormals auch den Namen „Antheridien“ führten, keine Spermatozoiden erzeugen, sondern durch Treibung eines schnabelförmigen Fortsatzes, der sich niemals öffnet, mit der Befruchtungskugel der Oogonien in Berührung treten und lediglich durch diese Berührung die Oogonien veranlassen, in sich die Oosporen entstehen zu lassen d. h. solche Reproductionsorgane zu erzeugen, wie sie in den Oogonien der Saprolegnieen nach dem Herantreten der Antheridien auch gebildet zu werden pflegen. Der Behauptung aber, dass Spermatozoiden in den Antheridien der Saprolegnieen nicht sicher nachgewiesen sind und auch nicht gebildet zu werden brauchen, hält nun Pringsheim, welcher den Chlorophyll- und Stärkemangel der Saprolegnieen nicht bestreitet, seine Beobachtungen angestellt an Saprolegnia monoica und Pythium monosper-

mum entgegen, nach diesen Beobachtungen (s. Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik I. pag. 293, 294 u. 299) werden Spermatozoiden in den Antheridien der beiden genannten Saprolegnieenspecies unzweifelhaft gebildet und sie sind die Ursache, weshalb bis auf diese Stunde die Stellung der Saprolegnieen unter den Tallophyten noch nicht endgültig entschieden ist.

Prof. de Bary, welcher die Saprolegnieen zu den Pilzen gestellt wissen will, hat zwar in dem Vorwort seines im Jahre 1866 herausgegebenen, vorzüglichen Werkes „Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten" pag VI. sich dahin ausgesprochen, dass man die Saprolegnieen mit gleichem Rechte den Algen wie den Pilzen zuzählen könnte und in dem Werke selbst hat der Verfasser im Vertrauen auf die Richtigkeit der Pringsheim'schen Beobachtungen die Bildung der Spermatozoiden in den Antheridien der monöcischen Saprolegnieenformen (Saprolegnia monoica, Pythium, Aphanomyces dBy.) für nicht zweifelhaft erklärt, wenn er auf pag. 156 sagt: „Theils nach den in vieler Beziehung analogen Erscheinungen, welche man für Vaucheria und andere Conferven kennt, theils nach Pringsheim's directen Beobachtungen ist es nicht zweifelhaft, dass die Cellulosemembran in Folge einer sexuellen Befruchtung an der Oberfläche der Befruchtungskugeln (der Oogonien) entsteht und dass die Befruchtung dadurch geschieht, dass die aus den Antheridien entleerten Samenkörper in die Befruchtungskugeln eindringen und mit der Substanz derselben verschmelzen". Aber in den letztverflossenen Jahren hat Prof. de Bary bei seinen Untersuchungen der verschiedensten Saprolegnieenspecies, sowohl derjenigen, welche von ihm neu aufgefunden wurden als auch solcher, die vom Prof. Pringsheim bereits beschrieben worden waren, die Anwesenheit von Spermatozoiden in den Antheridien auch nicht ein einziges Mal constatiren können, und auf Grund dieses Resultates seiner Beobachtungen hat er im Wintersemester 1871 in seiner über „Pilze"

gehaltenen Vorlesung, auf die ich mich hier beziehen muss, mit ganzer Bestimmtheit ausgesprochen, dass man nicht berechtigt sei, die Bildung der Spermatozoiden in den Antheridien als eine in den Entwickelungsgang aller Saprolegnieen gehörende nothwendige Sache zu erklären und seit dieser Zeit hält Prof. de Bary seine frühere Aussage, dass man die Saprolegnieen mit gleichem Rechte den Algen wie den Pilzen zuzählen könne, nicht mehr aufrecht, sondern er behauptet, dass die Saprolegnieen bezüglich ihrer systematischen Stellung nur allein in der Abtheilung der Fungi ihren Platz angewiesen erhalten dürfen. — Es sei mir gestattet, meinen Standpunkt, den ich hinsichtlich der Stellung der Saprolegnieen unter den Tallophyten einnehme, klar zu legen.

Da die Oogonien von Pythium de Baryanum, wie später beschrieben werden wird, mit einer glatten, keine leisten- stachelförmige oder sonstige Verdickung zeigenden Membran versehen sind und da ferner die Antheridien dieser Species die Oogonien nicht, wie das unter den Saprolegnieen hie und da vorkommt, zu umwachsen pflegen, sondern nur mit einer im Verhältniss zur Grösse des Umfangs der Oogonien kleinen Fläche ihrer Membran in Berührung treten, so konnte ich das gegenseitige Verhalten der Antheridien und Oogonien an Pythium de Baryanum besser als an den meisten bisher aufgefundenen Saprolegnieenspecies studiren und somit auch die über die Stellung dieser Saprolegnieen wesentlich mit entscheidende Frage, ob Spermatozoiden in den Antheridien gebildet werden oder nicht, mit Aussicht auf ein sicheres Resultat zu lösen versuchen. Es lässt sich nun diese Frage noch etwas bestimmter dahin ausdrücken, dass man sagt, es handelt sich darum, ob bei den Saprolegnieen wie bei den Conferven unter den Algen irgend welche sichtbaren Protoplasmatheilchen aus dem Inhalt der Antheridien in die Substanz der Oogonien zu einer substantiellen Vermischung hinübertreten, oder ob die befruchtende Einwirkung der Antheridien auf die Oogo-

nien nur dadurch geschieht, dass erstere zunächst mit der Oogonienmembran und dann mit dem sich zur Befruchtungskugel contrahirenden Inhalt der Oogonien in Berührung treten, ohne sichtbare Protoplasmamassen in die Befruchtungskugel zu befördern, also in eine derartige Berührung, bei welcher wie bei dem geschlechtlichen Fortpflanzungsprozesse der Peronosporeen oder auch wie bei dem Acte der Befruchtung des Keimbläschens des Ovulum's durch den Pollenschlauch bei den Phanerogamen wol ein Stoffaustausch aber kein bestimmter morphologischer Austausch denkbar wäre. Wenn ich nun berücksichtige, dass nach meinen im Verlaufe dieser Abhandlung zu erörternden Beobachtungen (s. später) bei Pythium de Baryanum ebensowenig wie bei den von de Bary untersuchten Saprolegnieenspecies sichtbare Protoplasmatheilchen aus den Antheridien in die Substanz der Oogonien befördert werden, sondern dass die Befruchtung der Oogonien lediglich durch Berührung mit den Antheridien in der soeben näher präcisirten Weise erfolgt, wenn ich ferner den Clorophyllmangel aller Saprolegnieen und ihre ungemein nahe Verwandtschaft mit den Peronosporeen in Erwägung ziehe, so muss ich mit Prof. de Bary in den Saprolegnieen eine Pilz- und keine Algenfamilie ansprechen, weshalb ich auch keinen Anstand genommen habe, gleich auf den ersten Seiten dieser Abhandlung von Pythium als von einer Pilzgattung zu reden. Noch möchte ich aber zwei Thatsachen hervorheben, die mich gleichfalls wie die bereits angeführten Gründe für die Stellung der Saprolegnieen unter die Pilze entschieden haben. Einmal das durch Pythium de Baryanum bestätigte Vorkommen von Saprolegnieen auch ausserhalb des Wassers als Endophyten im Innern der Gewebe von Landpflanzen ganz ähnlich dem der Peronosporeen und zweitens die bei Pythium de Baryanum sich vorfindende, später zu beschreibende Bildung von chlorophyllfreien Conidien, welche unter den Pilzen eine so allgemein verbreitete Form der geschlechtslosen Fortpflanzung ist. — Dass Prof. Pringsheim bei seinen

Untersuchungen in den Organen der Saprolegnieen, die er als Antheridien bezeichnet, Gebilde gesehen hat, die ihm zur Zeit seiner Beobachtungen als Spermatozoiden erschienen, dafür sprechen ausser den beiden bereits angeführten Saprolegnieenspecies „Saprolegnia monoica und Pythium monospermum“ namentlich seine diöcischen Saprolegnienformen, wie Saprolegnia uud Achlya dioica (vergl. Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik II. Taf. XXII. und XXIII.), es scheint mir aber eine Verwechselung von Spermatozoiden mit kleinen Chytridienformen, die ungemein häufig in allen Organen der Saprolegnieen sich ansiedeln, vorgekommen zu sein. Jedem, der sich viel mit Pilzuntersuchungen, namentlich mit Pilzculturen beschäftigt hat, ist bekannt, wie häufig und plötzlich selbst bei Beobachtung aller nur denkbaren Vorsichtsmassregeln Chytridien und diesen ähnliche Organismen in den Organen der zu untersuchenden Objecte sich einstellen und wie man oft genug derartige Gebilde für alles Andere nur nicht für das hält, was sie wirklich sind. Auch mir ist, um nur Ein Beispiel anzuführen, vor nicht langer Zeit, als ich die mikroscopischen Unterscheidungsmerkmale der Gastromycetengenera feststellte und zu diesem Zwecke auch die von Elias Fries in seinem Systema Mycologicum noch unter die Gastromyceten gestellte kleine Gattung „Endogone“ untersuchen musste, der Fall vorgekommen, dass ich in zahlreichen Sporangien der Endogone macrocarpa Tul., welche von Tulasne und später auch von H. Hoffmann (Icones Analyticae Fungorum, Heft II. „Ueber das Verhältniss von Endogone und Hymenogaster“) irrthümlicher Weise als Sporen gedeutet wurden, plötzlich kleine, rundliche Körperchen auftreten sah, die ich für nichts anderes als für Sporen hielt, welche ich mir durch simultane Theilung aus dem protoplasmatischen Inhalt der Sporangien entstanden dachte, die aber, um es kurz zu sagen, Chytridien waren. Ich überzeugte mich erst nach vielen Tagen von der wahren Natur dieser Körperchen, nämlich est dann, als es mir gelang, eine Chytridienschwärmspore

auf der Membran eines jungen Sporangiums der Endogone sich festsetzen und durch die Membran eintreten zu sehen. Ich führe diesen Fall nur an, um zu zeigen, wie Chytridien ungemein leicht Veranlassung zu irgend welchen Täuschungen geben können und wie darum auch bei den Pringsheimschen Untersuchungen jene muthmassliche Verwechselung von Spermatozoiden mit Chytridien in der That stattgefunden haben kann.

Befruchtende Samenkörperchen, die man als Analoga derjenigen Spermatozoiden bezeichnen könnte, wie dieselben bei den Hydropteriden, Pteriden etc. bis herab zu der von den Algen sich seitlich abzweigende Florideengruppe angetroffen werden, kommen in der ganzen Abtheilung der Fungi und darum auch in der Familie der Saprolegnieen soweit jetzt bekannt niemals vor. Alle bisher eruirten geschlechtlichen Fortpflanzungsprozesse und die nach de Bary und Hofmeister an eine sexuelle Zeugung sich unmittelbar anschliessenden Copulationserscheinungen erfolgen unter den Pilzen ohne die Anwesenheit von Spermatozoiden, wie die geschlechtliche Fortpflanzung bei den Peronospore e n, die bei der Gattung Erysiphe, Eurotium, Podosphaera etc., wie die Copulationsprozesse bei den Mucorinen beweisen und selbst die in den Hymenien der Ascomyceten, in den Spermogonien der Uredineen etc. aufgefundenen Spermatien, die Tulasne als Analoga der Spermatozoiden anderer Gewächse zu deuten versucht hat, haben, soweit die Kenntniss dieser Körperchen reicht, keine derartige Function, die der der Spermatozoiden der übrigen Cryptogamen gleich zu setzen wäre. Viele solcher Spermatien sind keimungsfähig und diejenigen, die man in ihrer Keimung noch nicht beobachtet hat, waren vielleicht, wie Prof. de Bary vermuthet (Morphol. und Physiol. der Pilze etc. pag. 168) nicht in die richtigen Keimungsbedingungen versetzt worden oder aber, wenn dieselben in der That keimungsuntähig sind, so ist damit noch keineswegs gesagt, dass sie bestimmt sind, als befruchtendes Element in den Inhalt irgend welcher

weiblichen Organe zu einer substantiellen Verschmelzung hinüberzutreten, sie lassen vielmehr auch jeder anderen Vermuthung Raum z. B. der, dass sie untereinander copuliren.

Obgleich nun bei den bisher bekannt gewordenen Saprolegnieen niemals Spermatozoiden in den Antheridien gebildet werden, so findet doch bei ihnen ein geschlechtlicher Fortpflanzungsprozess durch Einwirkung der Antheridien auf die Oogonien statt, dessen Product die Oosporen sind; nur müsste man die ersteren Organe nicht Antheridieen sondern „Pollinodien“ nennen, da sie eben nicht mit den männlichen Organen der Conferven identisch sind.

Die nahe Verwandtschaft der Familie der Saprolegnieen mit der der Peronosporeen wurde schon wiederholt erwähnt. Es gibt in der That nur Ein scharf durchgreifendes Merkmal, welches beide Familien von einander unterscheidet, nämlich dieses, dass bei den Saprolegnieen in den Oogonien das gesammte Protoplasma zu einer oder mehreren Befruchtungskugeln sich contrahirt, während bei den Peronosporeen ein Theil des Protoplasma's der Oogonien erhalten bleibt zur späteren Bildung der mit Stacheln oder Leisten ausgestatteten Aussenhaut der Oospore. Wenn man von Peronospora infestans Mont. absieht, einer Peronosporee, die durch ihr haustorienloses Mycelium und durch die Art und Weise ihrer Conidienbildung von allen übrigen einheimischen Peronosporeenspecies ganz bedeutend differirt, so kann man wohl noch ein zweites Unterscheidungsmerkmal zwischen beiden Familien anführen, man ist dann berechtigt zu sagen, an den Mycelienschläuchen der Saprolegnieen werden keine Haustorien beobachtet, die den Mycelien der Peronosporeen stets zukommen. Aber da, wie eben angegeben, das Mycelium von Peronospora infestans Mont. haustorienlos ist, so kann das Fehlen oder Vorhandensein von Haustorien am Mycelium beider in Rede stehenden Pilzfamilien kein scharf durchgreifendes, für jeden Fall stichhaltiges Unterscheidungsmerkmal liefern. Man

sagte wol früher noch, ohne gerade damit Unterscheidungsmerkmale angeben zu wollen, dass die Saprolegnieen nur auf im Wasser befindlichen Organismen oder deren Resten lebten, während die Peronosporeen ausschliesslich! als endophytische Schmarotzer in den Geweben grüner Pflanzen angetroffen würden und dass ferner die Bildung von Conidien bei den Saprolegnieen nicht beobachtet würde, die bei den Peronosporeen allgemein vorkäme. Auch diese Aussagen sind sicherlich, wenn man den an Pythium de Baryanum zu beobachtenden Thatsachen, der Conidienbildung einserseits und dem Vorkommen in den Geweben grüner Pflanzen andererseits Rechnung trägt, nicht mehr als ganz richtig zu bezeichnen. —

Der verschiedene Typus der Zoosporenbildung bei den Saprolegnieen hat Gattungscharactere geliefert, man unterscheidet zur Zeit die Gattungen: „Saprolegnia, Achlya, Pythium, Aphanomyces, Diplanes, Dictynchus und einige andere.“ Es ist hier nicht der Ort, den Typus der Schwärmsporenbildung für jede einzelne dieser Gattungen anzuführen, nur für die Gattung Pythium sei kurz daran erinnert, dass bei ihr die Schwärmsporen vor der Oeffnung der Sporangien aus deren ausgetretenem Inhalt in einer Gallertblase gebildet werden.

Die Arten der Gattung Pythium unterscheiden sich durch den Ort ihres Vorkommens, durch die Beschaffenheit ihres Myceliums, sowie auch durch die Form und den Bau der Sporangien, Oogonien und Oosporen. Wodurch sich Pythium de Baryanum von den bisher bekannten Species der Gattung Pythium unterscheidet, das kann selbstverständlich erst dann berücksichtigt werden, wenn Pythium de Baryanum in seinem Bau und in seiner Entwickelungsgeschichte beschrieben sein wird.

Die Litteratur der Saprolegnieen ist nicht sehr umfangreich und findet sich bereits ausführlich von Pringsheim in seinen Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik I. pag. 286, 287 und 303 und später von de Bary in seinem Werke

„Morphologie und Physiologie der Pilze“ etc. pag 135 zusammengestellt. Dieselbe soll deshalb hier nur in den allgemeinsten Hauptzügen zusammengefasst werden.

Nachdem die Sporangien und Sporen der Gattung Saprolegnia zuerst von Gruithuisen (Vol. X. P. II. pag. 445) gesehen und nach ihm von Unger (Linnaea 1843), Thuret (Ann. d. sc. nat. 1850) und Alexander Braun (Verjüngung pag. 269 und 286) ausführlich beschrieben und abgebildet worden waren, nachdem ferner die für die Gattung Achlya charakteristische Art und Weise der Schwärmsporenbildung von Alexander Braun (Verjüngung pag. 201.) und namentlich später von Anton de Bary (bot. Zeitg. von Mohl und Schlecht. 1852 pag. 473) beobachtet und geschildert worden war, wurde 1858 von Pringsheim in seinen Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik („Beiträge zur Morphol. und Systematik der Algen-„Saprolegnieen“ I. pag. 284) eine Eintheilung der Familie der Saprolegnieen, hauptsächlich gegründet auf den verschiedenen Typus der Schwärmsporenbildung, in die beiden schon genannten Gattungen „Saprolegnia und Achlya“ und in eine neue Gattung, die Gattung „Pythium“ getroffen. Dieser Eintheilung lag eine andere, schon viele Jahre früher von Nees v. Esenbeck versuchte zu Grunde. (Im Anhange zu der Abhandlung von Carus in Nova Acta N. C. Vol. XI. P. II. pag. 493.) Zu den damals an Zahl noch geringen Species der Gattungen Saprolegnia, Achlya und Pythium kamen zwei Jahre später einige neue von de Bary aufgefundene und in den Pringsheimschen Jahrbüchern für wissensch. Bot. II, pag. 169 abgehandelte Species hinzu, wie Saprolegnia asterophora, Pythium proliferum und Pythium reptans, auch wurde von de Bary eine neue Gattung in den nämlichen Jahrbüchern II. pag. 169 aufgestellt und beschrieben, nämlich die Gattung Aphanomyces mit den Species Aph. scaber, laevis und phycophilus.

Das Vorhandensein von Sexualorganen neben den Zoosporangien bei den Saprolegnieen wurde zuerst von

Schleiden (Grundz. Aufl. III. pag. 314) und Alexander Braun (Verjüngung pag. 286) entdeckt und später von Pringsheim in seinen nun schon öfters citirten Jahrbüchern (I. pag. 284 und namentlich II. pag. 205) sowie auch von de Bary in seinem Werke „Morphol. und Physiol. der Pilze“ etc. an verschiedenen Orten pag. 155, 156, 174 etc. bestätigt. Der Befruchtungsprozess bei den Saprolegnieen ist zuerst von Pringsheim beobachtet und beschrieben worden.

Nach Angabe dieser allgemeinen Bemerkungen über die Stellung der Saprolegnieen unter den Thallophyten und nach kurzer Zusammenstellung der Litteratur dieser Pilzfamilie, soll nun zu dem eigentlichen Thema dieser Abhandlung übergegangen werden und zwar soll zunächst

„der Bau und die Entwickelungsgeschichte von Pythium de Baryanum ganz abgesehen von den Camelinakeimlingen, in denen dieser Pilz vorgefunden wurde, beschrieben, darauf

„der causale Zusammenhang zwischen dem Pilz und der Krankheit der Camelinakeimlinge nachgewiesen, sodann

„die Art und Weise der Entwickelung des Pilzes im Innern der Camelinakeimlinge geschildert werden, ferner sollen

„die pathologischen Veränderungen vorgeführt werden, welche die Camelinakeimlinge durch den Pilz erfahren, und endlich

„diejenigen Kulturpflanzen aufgezählt werden, welche der Pilz nach den angestellten Versuchen und Beobachtungen in ganz gleicher Weise wie die Camelina sativa befällt.

Zum Schluss dieser Abhandlungen werden einige Massregeln angegeben werden, die in der Landwirthschaft gegen diesen gefährlichen Schmarotzer in manchen Fällen mit Erfolg zur Anwendung gebracht werden können.

I. Bau und Entwickelungsgeschichte von Pythium de Baryanum.

Das einfach-fädige Mycelium von Pythium de Baryanum (Fig. 1.) besteht aus einer einzigen, langschlauchförmigen aber doch dabei straffen, reichlich verästelten, dicht mit körnigem Protoplasma erfüllten, farblosen, bis zur Bildung der Reproductionsorgane vollständig unseptirten Hyphe. Eine zarte Membran, die nach Art der meisten Membranen der Pilzmycelien keine besondere Structureigenthümlichkeit aufweist, umgiebt das Protoplasma und dieses erscheint fast überall homogen, nur in den alleräussersten stumpfendigenden Spitzen derjenigen Hyphentheile, die soeben im Längenwachsthum begriffen sind (Fig. 1. x, x) ist es nicht so körnchenreich und darum durchsichtiger als an den übrigen Orten. Die an zahlreichen Stellen der Fig. 1. sichtbare Verzweigung dieser einzigen eines ungeheuren Längenwachsthums fähigen Hyphe ist für diese Pythiumspecies charakteristisch und kommt auf folgende Art und Weise zu Stande. Es werden unterhalb des Vegetationspunktes des in die Länge wachsenden Stammtheiles (Fig. 1. A.) dieser schlauchförmigen Hyphe bald rechts, bald links in unregelmässigen Intervallen zahlreiche Seitenäste gebildet, die eine geringere Dicke als der Stammtheil besitzen. Von diesen Aesten sind nur wenige eines starken Längenwachsthums fähig und verhalten sich bezüglich ihrer Verzweigung gerade so wie der Stammtheil (Fig. 1. B.), die meisten (Fig. 1. a, a, a) bleiben kurz und treiben eine — sehr selten mehr als eine — Ausstülpung nach irgend einer Seite (Fig. 1. b, b, b); diese Ausstülpung verlängert sich nur wenig in der angenommenen Richtung, treibt aber ein Seitenzweiglein (Fig. 1. c, c), das wiederum kurz bleibend nach irgend einer Seite hin eine Ausstülpung (Fig. 1. d d,) bildet und so kann die Sache eine Zeit lang fortgehen, bis schliesslich an zahl-

reichen Orten des Stammtheiles oder der langen Seitenäste ein Complex von kurzen, nach den verschiedensten Richtungen hinweisenden, ziemlich nahe beisammenstehenden Aestchen gebildet ist. In ganz vereinzelten Fällen, wenn die Länge der einen solchen Complex bildenden kurzen Aestchen nicht sehr variabel ist und wenn an ihnen die Auszweigung immer nur nach Einer Seite stattfand, erinnert die Art und Weise dieser Verzweigung an die schematische Darstellung einer Bostryx, besonders wenn man dann später die fast kugeligen Reproductionsorgane an den Enden sämmtlicher, kurzen Aestchen gebildet sieht, in den meisten Fällen jedoch ist, wie schon angegeben, die Richtung der kurzen Aestchen eine ganz unregelmässige, nicht näher zu bestimmende und auch ihr Längenverhältniss ein ziemlich differentes. Noch ist bezüglich dieser kurzen Seitenästchen ganz besonders der Umstand erwähnenswerth, dass sie fast sämmtlich mehr oder weniger deutlich gekrümmt erscheinen, wodurch natürlich das gesammte Verzweigungssystem noch mehr an Eigenthümlichkeit gewinnt.

So ist das in's Freie getretene Mycelium der in Rede stehenden Pilzspecies beschaffen, wenn es bei normaler Entwickelung etwa ein Alter von 24 Stunden erreicht hat und man sieht nun an jedem Ende der soeben geschilderten kurzen Seitenästchen sowohl als auch, wenigstens in vielen Fällen, am Ende des Stammtheiles und der langen Seitenäste eine knopfartige Anschwellung sichtbar werden (Fig. 2. a), die das Aufhören des Längenwachsthums der Hyphentheile und gleichzeitig den Beginn der Bildung der Reproductionsorgane anzeigt. Indem reichliches Protoplasma in jede dieser Anschwellungen hineinwandert, werden dieselben grösser und grösser (Fig. 2 b.), bis sie sich schliesslich fast kugelig durch eine horizontale Querwand nahe an ihrer Basis als besondere Zellen von ihren Trägern abgrenzen (Fig. 2 c. und 3 a). Es ist dieser Vorgang der Zellenbildung bei den Saprolegnieen wie überhaupt unter

den Pilzen so allgemein bekannt und so oft beschrieben, dass man von den Details wol absehen kann. Nicht unerwähnt darf dagegen das während dieses Vorganges stattfindende Auftreten von Querwänden an gleich zu bezeichnenden Stellen der kurzen Seitenästchen bleiben, das an dem Stammtheil nicht oder nur ausnahmsweise beobachtet wird. Während nämlich auch hier ein solches angeschwollenes Ende unter Hinzutritt von Protoplasma zunächst grösser und grösser wird, sieht man am Träger desselben meist oberhalb seiner Verzweigungsstelle, sofern der Träger eine solche besitzt, aber immer ein ziemliches Stück von der Anschwellung entfernt, eine Querwand auftreten (Fig. 2. x. und 3. x.), durch welche der Träger in eine die Anschwellung zeigende, wie gestielt aussehende Endzelle (Fig. 2. e.) und in ein Basalstück getheilt wird (Fig. 2. d.), der protoplasmatische Inhalt oberhalb der Querwand wandert darauf vollständig aber successive in die immer noch an Volumen zunehmende Anschwellung hinein, die sich nun erst durch eine horizontale Querwand als eine nahezu kugelige Endzelle von dem soeben entleerten protoplasmafreien Stück ihres Trägers sondert (Fig. 2. f.), der protoplasmatische Inhalt des basalen Theiles des Trägers dagegen tritt entweder, wenn in seinem benachbarten Zweig nicht schon die Bildung einer Querwand stattgefunden hatte, in diesen über, um in dessen Endanschwellung hineinzuwandern, oder aber und das ist der häufigere Fall, er verharrt eine Zeit lang in dem basalen Theile des Trägers, geht aber daselbst nicht zu Grunde, sondern trägt später zur Bildung des „Pollinodiums“ bei. — Auf die soeben beschriebene Weise bildet das Mycelium auf kurzen Auszweigungen hunderte solcher kugeligen Endzellen fast zu gleicher Zeit aus, vorausgesetzt, dass die später zu erörternden Bedingungen einer kräftigen Entwickelung erfüllt sind. Diese Zellen (Fig. 3 a) zeigen sämmtlich eine zarte, ungeschichtete und zunächst auch unverdickte Membran und diese umgiebt einen von der Peripherie nach dem Centrum hin dichter werdenden,

grobkörnigen, mit einigen Fetttröpfchen durchsetzten, protoplasmatischen Inhalt, der durch Zusatz von Jod gelbgefärbt wird; die Membran dieser Zellen — und auch die Membran der vegetativen Hyphentheile — besteht nicht aus Pilzcellulose sondern aus gewöhnlicher Cellulose, sie wird durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt. Es lassen sich diese kugeligen Zellen, was für das Verständniss des Folgenden eine ganz besonders hervorzuhebende Thatsache ist, ihrem Inhalt, ihrer Form und Grösse nach in diesem Stadio ihrer Entwickelung durchaus nicht von einander unterscheiden, gleichwol ist das spätere Verhalten nicht bei allen dasselbe. Ehe jedoch auf dieses näher eingegangen werden soll, muss noch von einigen Eigenthümlichkeiten geredet werden, die am Mycelium des Pilzes während oder kurz nach der Bildung der kugeligen Endzellen beobachtet werden.

Im Längsverlaufe der stärkeren vegetativen Hyphentheile nämlich sieht man hie und da eine deutliche blasige Anschwellung auftreten, in welcher sich reichliches, dichtes Protoplasma ansammelt (Fig. 4. o.), diese Anschwellung wird oben und unten durch je eine sich nun bildende Querwand als eine besondere Zelle von der übrigen Fadenpartie abgegrenzt (Fig. 4. p.), sie hat eine langeiförmige Gestalt oder mitunter auch die Gestalt eines Ellipsoids und ihr grösster Durchmesser übertrifft den Radius der soeben beschriebenen kugeligen Endzellen an Länge etwa um das Dreifache. Auch kommt es vor, dass auf die nämliche Weise zwei solcher Zwischen- oder Gliederzellen unmittelbar übereinander gebildet werden. Es ist dies eine Erscheinung, welcher man sehr häufig an den Mycelienfäden der Mucorinen begegnet; ich habe diese Gemmenbildung, wie man sie bei den Mucorinen genannt hat, an Mucor Mucedo und stolonifer namentlich dann beobachten können, wenn ihre Mycelien auf Objectträgern in einer diesen Mucorspecies gerade nicht besonders zusagenden Nährflüssigkeit cultivirt wurden, bei Pythium de Baryanum werden diese Zwischen-

zellen ganz abgesehen ob das Mycelium reichlich oder kärglich ernährt wird stets gebildet, dieselben verbleiben so lange in der Continuität des straffen Myceliumfadens, als derselbe überhaupt existirt, erst bei dessen Absterben werden sie frei und sind dann fähig Keimschläuche zu treiben, verhalten sich überhaupt wie die Conidien dieser Pythium-species, was am geeigneten Orte noch besonders hervorgehoben werden wird. — Eine fernere Eigenthümlichkeit, die wiederum an das Mycelium der Mucorinen oder auch an das Mycelium von Peronospora infestans Mont. erinnert, kann man in dem Auftreten derjenigen Querwände constatiren, die sich an dem basalen Theile der Stammpartie und der längeren Seitenäste des Myceliums kurz nach Entstehung der Reproductionsorgane, aber niemals früher bilden. Wie man sich beispielsweise bei Mucor Mucedo vor Bildung der Sporangien vergeblich bemüht, eine Querwand an den primären Theilen, an den Ausgangspunkten des Myceliums aufzufinden, so kann man auch an dem Mycelium von Pythium de Baryanum vor Entstehung der kugeligen Endzellen niemals eine solche Querwand entdecken, erst wenn wie bei Mucor Mucedo die Sporangien, so bei dieser Pilzspecies die Endzellen entstanden sind, ist es möglich an von diesen Organen mitunter sehr weit entferntliegenden Hyphenstellen Querwände gebildet zu sehen. Es verdient diese Sache deshalb der Erwähnung, weil möglicherweise, wenn man Pythium de Baryanum in einem Lebensalter vorfindet, wo soeben die kugeligen Endzellen gebildet sind, die irrige Annahme Platz greifen könnte, es sei das Mycelium von Haus aus septirt, was doch in der That nicht der Fall ist.

Doch kehren wir zu den am Ende der kurzen Aestchen gebildeten Zellen zurück, von denen bereits gesagt wurde, dass das fernere Verhalten nicht bei allen dasselbe sei. Bald nach ihrer Entstehung treiben viele von ihnen, niemals mit Bestimmtheit vorherzusagen welche, an der ihrer Querwand diametral gegenübergelegenen Stelle oder meistentheils seitlich von derjenigen Linie, die man sich

durch eine solche kugelige Zelle als eine Verlängerung des Trägers construirt denken kann, eine zunächst ganz minimale fadenförmige Ausstülpung (Fig. 5. a, Taf. II.) mit der das Protoplasma der kugeligen Zelle auch bei ihrer weiteren Verlängerung in Berührung bleibt. Nach Vollendung ihres Wachsthums übertrifft diese stumpfendige Ausstülpung an Länge den Radius der Kugel, niemals deren Durchmesser. Jede Zelle, deren Membran eine derartige kurze Ausstülpung getrieben hat, ist von diesem Augenblick an als ein Zoosporangium von Pythium de Baryanum anzusprechen, aus dessen Inhalt später die Schwärmsporen gebildet werden. Die übrigen kugeligen Endzellen lassen einen solchen kurzen Fortsatz ihrer Membran, so lange sie an den Trägern haften, nicht entstehen, ein Theil von ihnen wird, wenn männliche befruchtende Organe die Pollinodien an sie herantreten zu den Oogonien, in denen die Oosporen gebildet werden, die übrigen gliedern sich von ihren Trägern los und sind passend als die „Conidien“ dieser Species zu bezeichnen, da sie auf geschlechtslosem Wege durch Abschnürung — mitunter reihenweise Abschnürung — erzeugte keimungsfähige Zellen repräsentiren. — Es werden also von dem Mycelium dieser Pythiumspecies dreierlei Reproductionsorgane, Schwärmsporen, Oosporen und Conidien — zu letzteren gehören die Glieder- oder Zwischenzellen — erzeugt und es soll nun jeder einzelne Vorgang der Bildung dieser Reproductionsorgane etwas näher in's Auge gefasst werden.

Process der Schwärmsporenbildung, Bau und Keimung der Schwärmsporen.

Die mit dem charakteristischen, stumpfendigen Fortsatz versehenen Zoosporangien (Fig. 5, c. c.) lassen behufs der Schwärmsporenbildung ihren gesammten protoplasmatischen Inhalt am äussersten Ende des Fortsatzes austreten und zwar gelangt dieser Inhalt in dem formlosen Zu-

stande, in welchem er vor seinem Austritt in den Zoosporangien beobachtet wird, in eine mit zarter Membran umgebene Blase, deren eigenthümliche Entstehung bald mitgetheilt werden soll. Diesem Austreten des Inhaltes gehen einige nicht unwesentliche Veränderungen voraus, die einerseits auf die Membran der Zoosporangien, andererseits und ganz besonders auf ihren protoplasmatischen Inhalt sich beziehen. Gleich nach vollendetem Längenwachsthum des kurzen Fortsatzes nämlich sieht man, wie sich die anfangs zarte Membran der Zoosporangien etwas verdickt und wie allmählig der protoplasmatische Inhalt aus der Endpartie des kurzen Fortsatzes zurücktritt und ersetzt wird durch eine farblose, gallertartige Substanz (Fig. 6. m,) zuerst ist diese gallertartige, etwas glänzende Masse nur in der alleräussersten Spitze des Fortsatzes eines solchen Zoosporangium's sichtbar (Fig. 6. m), aber später vermehrt sich dieselbe derartig, dass sie nicht nur den engen Kanal des Forsatzes bis bald zur Hälfte ausfüllt, sondern dass sie auch noch von da aus ein Stück weit in die Wandpartie der anderen basalen Hälfte des Fortsatzes übergeht (Fig. 6. n). Diejenige Portion des protoplasmatischen Inhaltes des Zoosporangiums, welche durch diese gallertartige Masse aus dem Ende des Fortsatzes zurückgedrängt wird, zeigt sich stets an ihrer Aussenseite begrenzt durch einen zarten aber deutlich sichtbaren Contour, welcher in die äusserste Umrisslinie des die Wand des Fortsatzes berührenden Protoplasmas übergeht, und den Primordialschlauch andeutet (Fig. 6. o. o) und die gallertartige farblose Substanz ist aufzufassen als ein Sekretionsproduct des sich allmählig aus dem Fortsatzende des Zoosporangium's zurückziehenden Primodialschlauchs. Nach vollendetem Zurückzug des Primodialschlauchs aus der Endpartie des Fortsatzes sieht man plötzlich im Centrum des protoplasmatischen Inhaltes des Zoosporangium's einige durch helle Grenzstreifen von einander getrennte rundliche Flecke auftreten, die eine Theilung anzumelden scheinen, die aber

eben so schnell wieder verschwinden, als sie entstanden sind. Bald darauf zieht sich das Protoplasma von der dem Fortsatz diametral gegenübergelegenen Wandstelle zurück und in demselben Augenblicke tritt die körnchenreiche, ungesonderte Protoplasmamasse (der Primodialschlauch) in die mit Gallerte angefüllte Endpartie des Fortsatzes ein, dessen stumpfes Ende zu einer mehr und mehr anschwellenden Blase erweiternd (Fig. 6. p. p). Die weiche Gallerte, welche den Kanal des Fortsatzes bis zur Hälfte anfüllte, wird von der von Moment zu Moment dünner werdenden Wand dieser schliesslich Kugelgestalt annehmenden Blase ausgedehnt und ist dieses geschehen, so hat sich auch bereits der Primodialschlauch von der ganzen Wand des Zoosporangiums zurückgezogen und der gesammte Inhalt ist durch den engen Kanal des Fortsatzes in die kugelige Blase gewandert, deren Membran in die innerste Umrisslinie der Kanalwand sich fortsetzt (Fig. 7). Das Austreten des Inhaltes aus dem Zoosporangium in die Blase erfolgt in den beobachteten Fällen mit keiner grossen Geschwindigkeit, von dem Moment des Eintritt's des Protoplasma's in die Blase bis zum vollständigen Entleertsein des Zoosporangiums vergehen in der Regel 1 - 2 Minuten, nimmt dieser Vorgang längere Zeit in Anspruch, was abnormer Weise auch vorkommt, so kann man sicher sein, dass dann das ausgetretene Protoplasma zu Grunde geht, dass die Schwärmsporenbildung unterbleibt. Der in die Blase ausgetretene protoplasmatische Inhalt des Zoosporangium's füllt dieselbe nicht vollständig aus, er liegt als ein Klumpen von zunächst unregelmässigem Umriss im Centrum der kugeligen Blase, aber bald nimmt er Kugelgestalt an (Fig. 7. g) und zerklüftet sich, nachdem eine Sonderung in durch helle Streifen getrennte Flecke erfolgte — eine Sonderung ganz ähnlicher Art wie sie im Innern des Zoosporangium's vor Entleerung seines Inhaltes beobachtet wurde — in so viel scharf umschriebene, aber noch innig zusammenhängende Portionen, als helle Stellen gebildet waren (Fig. 8 a. a). Darauf sieht man, wie diese in

Portionen abgetheilte Protoplasmakugel innerhalb der Blase sich zu bewegen beginnt, und zwar ist diese Bewegung ein kurzes, mit Unterbrechungen erfolgendes zuckiges Hin- und Herrücken im Centrum der Blase, das, wie ich glaube, dadurch hervorgerufen wird, dass jede einzelne Portion der Kugel schon jetzt von den benachbarten, angrenzenden Theilproducten sich loszutrennen bemüht. Wenigstens sieht man in einem etwas späteren Stadio der Kugel, wie die immer mehr mit deutlichem Umriss hervortretenden Protoplasmaportionen in der That in ganz unregelmässigen und kurzen Zeiträumen aneinander auf- und niederzugleiten streben, wodurch jedesmal selbstverständlich, da die Portionen noch zusammenhängen, die Gesammtmasse der Kugel in Bewegung gesetzt werden muss. Die Portionen der Kugel (Fig. 9) trennen sich schliesslich von einander los und werden zu Schwärmsporen, (Fig. 10), die nach einander meist zu zwei und zwei in das bei jeder Schwärmsporenbildung erforderliche Wasser nach beliebigen Richtungen unter lebhafter Bewegung entweichen. Die Blase hat sich inzwischen der Beobachtung entzogen, sie hat sich aufgelöst und von einer Durchbrechung derselben durch die davon eilenden Schwärmsporen kann darum bei dieser Pythiumspecies nicht die Rede sein. Von dem Austreten des protoplasmatischen Inhaltes aus dem Sporangium in die Blase bis zur vollendeten Schwärmsporenbildung d. h. bis zum Entweichen der Schwärmsporen ist ein Zeitabschnitt von etwa 30 Minuten erforderlich.

Die Hüllen der entleerten Zoosporangien, die Schalen, (Fig. 11) sitzen ihren Trägern noch lange Zeit an, erst mit dem Untergange des Myceliums entziehen sie sich der Beobachtung. Ein Durchwachsenwerden der Zoosporangienschalen von ihren Trägern, wie bei Pythium proliferum dBy. oder auch wie bei der Gattung Saprolegnia kommt bei dieser Species nicht vor, ebensowenig treten unter den entleerten Zoosporangien Prolificationen hervor, wie das der Fall ist bei Pythium proliferum dBy.

Die Schwärmsporen, deren in der Regel neun,

seltener mehr als neun bis zu zwölf, noch seltener weniger als neun aus dem Inhalt eines Zoosporangiums gebildet zu werden pflegen, besitzen keine deutliche Cellulosehaut, es sind nackte, kein Pigment führende Primodialzellen von nahezu eiförmiger Gestalt. Man kann an ihnen ein vollständig abgerundetes und ein in ein kaum merkliches Spitzchen auslaufendes anderes Ende unterscheiden (Fig. 10), unter letzterem etwas seitlich, ist ein heller von körnigem Protoplasma so gut wie ganz freigelassener, halbmondförmiger Fleck bemerkbar, von dessen äusserem Rande Eine etwas gekrümmte fadenförmige Cilie entspringt, die nach Zusatz von Jod sichtbar wird (Fig. 10 c). Die Bewegung dieser Schwärmsporen ist eine um die Längsachse rotirende und dabei stetig vorrückende, sie dauert 15 bis 20 Minuten, dann kommen die Schwärmsporen zur Ruhe, nehmen Kugelgestalt an, ihr Flimmerfaden verschwindet, es bildet sich eine deutlich sichtbare Membran und die Keimung nimmt ihren Anfang. Letztere erfolgt nach dem gewöhnlichen Typus der Schwärmsporenkeimung überhaupt. Die Membran treibt eine zunächst kurze Ausstülpung, in welche das Protoplasma der zur Ruhe gekommenen Spore einwandert (Fig. 12 a). Diese Ausstülpung verlängert sich zu einem Keimschlauch, welcher, wenn die Bedingungen seiner weiteren Entwickelung erfüllt sind, schliesslich zu einem sich verzweigenden und fructificirenden Mycelium heranwächst, dass sich in Nichts von dem früher beschriebenen unterscheidet. —

Die Schwärmsporenbildung beginnt, nachdem das Mycelium des Pilzes ein Lebensalter von 34—38 Stunden erreicht hat. Sie wurde in dem Monat Juni viel häufiger beobachtet, als in den darauf folgenden Sommermonaten, im Herbst unterblieb sie ganz, sie wurde vollständig übersprungen und jemehr die Schwärmsporenbildung zurücktrat, um so reichlicher fand dann die Oosporen und Conidienbildung statt.

Prozess der Oosporenbildung, Bau (und Keimung) der Oosporen.

Von den in unzähliger Menge durch den bereits beschriebenen Vorgang gebildeten kugeligen Endzellen ist immer ein grosser Theil bestimmt, zu den weiblichen Geschlechtsorganen, zu den Oogonien zu werden, in welchen nach befruchtender Einwirkung der Pollinodien die Oosporen gebildet werden. Wie von den kugeligen Endzellen nur diejenigen zu den Zoosporangien werden, welche gleich nach ihrer Bildung jenen für sie so charakteristischen, kurzen Fortsatz getrieben haben, so werden andererseits nur diejenigen von ihnen zu den Oogonien, an welche ein männliches befruchtendes Organ, ein Pollinodium, herantritt, niemals aber werden in solchen Zellen, an deren Membran kein Pollinodium sich ansetzt, Oosporen gebildet, was gegenüber den sogenannten diöcischen Saprolegnienformen, bei denen Pringsheim keine Nebenäste (Pollinodien) und nichts destoweniger Oosporenbildung beobachtete, hervorgehoben sein mag. Erst mit dem Momente, wo an eine kugelige Endzelle ein Pollinodium herangetreten ist, kann man dieselbe unfehlbar als ein Oogonium bezeichnen, denn nun erst treten alle die Erscheinungen an und in dieser Zelle auf, welche schliesslich zur Oosporenbildung führend sie eben zu einem weiblichen Organ, zu einem Oogonium stempeln und welche andererseits eine scharfe Unterscheidung von denjenigen Reproductionsorganen, die Conidien genannt wurden, gestatten.

Der Prozess der Oosporenbildung ist folgender. Aus dem mit Protoplasma erfüllten, basalen Theile des kurzen Trägers einer kugeligen Endzelle (Fig. 13. a) oder auch von einem ihr benachbarten Myceliumast sieht man eine cylindrische Ausstülpung sichtbar werden, welche etwas gekrümmt gegen die kugelige Zelle hinwächst und sobald sie die Membran derselben erreicht hat, sich dieser innig anschmiegt (Fig. 14 a). Mit diesem Augenblick ist das Län-

genwachsthum der Ausstülpung abgeschlossen, ihr an der glatten, undurchlöcherten und unverdickten Membran der kugeligen Zelle anliegendes stumpfes Ende beginnt mässig anzuschwellen und gliedert sich in der bekannten Weise durch eine Querwand zu einer besonderen Zelle', dem Pollinodium ab, (Fig. 15. P.) Nachdem das Anlegen des Pollinodiums erfolgt ist, kann man dasselbe nicht durch irgend welches Präparirinstrument von der kugeligen Zelle, die nun als Oogonium zu bezeichnen ist, trennen, ohne es selbst oder das Oogonium zu zerstören, es muss daher eine vollständige Verwachsung an der Berührungsstelle beider Membranen stattgefunden haben. Das männliche Geschlechtsorgan, das Pollinodium, hat eine etwas gekrümmte Gestalt, ist wie Fig. 15. zeigt ganz bedeutend kleiner wie das Oogonium und sein protoplasmatischer Inhalt ist mässig dicht, körnchenarm und darum weit durchsichtiger als das dichte, körnchenreiche Protoplasma des Oogoniums. Höchst selten lagert sich an die Membran einer kugeligen Endzelle mehr als Ein Pollinodium an. Einige Minuten nach dem Anlegen des Pollinodiums contrahirt sich der gesammte protoplasmatische Inhalt des Oogoniums zu einer einzigen scharfumschriebenen Befruchtungskugel, die von der Oogoniummembran durch eine zwar dünne aber deutlich erkennbare Zone wässeriger Flüssigkeit geschieden ist (Fig. 16. z). Es erfolgt diese Contraction ohne dass nur die leiseste Spur einer Veränderung an der Membran des Pollinodiums oder in seinem Inhalt bemerkbar wäre. Nicht unmittelbar nach Entstehung der Befruchtungskugel, sondern eine geraume Zeit bis zu einer halben Stunde später, treibt nun das Pollinodium von der Berührungsfläche aus eine zunächst kaum merkliche Ausstülpung, einen Befruchtungsfortsatz, der sich etwas verlängernd die Wand des Oogoniums durchbohrt (Fig. 16. s), und durch die dünne Zone wässeriger Flüssigkeit direkt auf die noch membranlose Befruchtungskugel loswächst. Hat er diese soeben erreicht (Fig. 18), so ist auch sein Längenwachsthum

vollendet, die Befruchtungskugel zeigt sich unmittelbar darauf mit einer Membran umgeben, sie ist zu einer einzigen Oospore geworden (Fig. 18). Die contrahirte protoplasmatische Substanz des Oogoniums, die Befruchtungskugel, erfährt, bevor der Fortsatz des Pollinodiums sie berührt hat, nur eine einzige sichtbare Veränderung, welche sich bezieht auf eine kleine peripherische, der Berührungsfläche des Pollinodiums gerade gegenübergelegene Stelle. Diese Stelle nämlich wird, während das Pollinodium seinen Befruchtungsfortsatz treibt, körnchenärmer als die gesammte übrige Protoplasmamasse (Fig. 17. f,) und hebt sich in Folge ihrer grösseren Durchsichtigkeit von der übrigen Masse der Kugel scharf ab. Es ist dieser helle Punkt jedesmal der Ort, wo der Befruchtungsfortsatz die Befruchtungskugel berührt. — Das Pollinodium, während es seinen Befruchtungsfortsatz bildet, lässt durchaus keine Veränderung in seinem körnchenarmen protoplasmatischen Inhalte wahrnehmen, erst nachdem sein stets geschlossen bleibender Fortsatz die Befruchtungskugel berührt hat, wird sein Inhalt ganz allmählig durchsichtiger und den höchsten Grad der Durchsichtigkeit zeigt das Pollinodium zu einer Zeit, wo die Membran der bereits gebildeten Oospore die nachher anzuführende Sonderung eingeht. Niemals kann man eine Bewegung der Massentheilchen des Inhaltes des Pollinodiums erkennen, von jenen lebhaft beweglichen kleinen Körperchen (Spermatozoiden), welche Prof. Pringsheim in den männlichen Organen etlicher Saprolegnienspezies beobachtet zu haben behauptet, ist keine Spur zu sehen. Ich habe halbe Tage lang Pollinodien von ihrer ersten Entstehung resp. von dem Momente ihres Anlegens an die Membran der Oogonien bis zu ihrem Untergange verfolgt und konnte bei den stärksten, nur anwendbaren Vergrösserungen niemals eine Bewegung im Inhalte derselben, auf welche ich ganz besonders mein Augenmerk richtete, wahrnehmen.

Die Einwirkung des Pollinodiums auf das Oogonium

ist, wie aus Obigem hervorgeht, eine doppelte. Einmal bewirkt das Pollinodium durch Anlegen an die Membran des Oogoniums eine Contraction des Inhaltes des Oogoniums zur Befruchtungskugel und zweitens veranlasst das Pollinodium durch Berührung seines Befruchtungsfortsatzes mit der Befruchtungskugel des Oogoniums die Bildung einer Membran um diese Befruchtungskugel. Man könnte fragen, ob denn, nachdem durch Anlegen des Pollinodiums an die Oogonienmembran der Inhalt sich zur Befruchtungskugel contrahirt hatte, dann noch die Berührung des Inhaltes durch den getriebenen Fortsatz des Pollinodiums zur Bildung der Membran um diesen Inhalt, zur Bildung der Oospore unbedingt nothwendig sei, ob die Oospore nicht auch dann entstände, wenn die Berührung des Fortsatzes mit der Befruchtungskugel unterbliebe. Diese Frage könnte nur dann beantwortet werden, wenn es gelänge, das Pollinodium nach seiner ersten Einwirkung auf das Oogonium zu tödten, ohne dabei das Oogonium zu verletzen. Das Pollinodium durch eine Nadel oder ein sonstiges spitzes Instrument zu tödten so, dass das Oogonium unverletzt bleibt, ist aber keineswegs eine leichte Operation und obgleich ich glaube, dass mir dieselbe hie und da glücklich gelungen ist, wage ich doch nicht, gestützt auf die Resultate dieser an Zahl noch geringen Versuche, jene Frage bezüglich der Nothwendigkeit einer doppelten Einwirkung des Pollinodiums auf das Oogonium zu beantworten.

An der in Folge der Befruchtung mit einer deutlichen Membran umkleideten Befruchtungskugel, der Oospore, geht später während des Verlaufs eines halben Tages eine Sonderung ihrer Membran in ein Epi- und Endosporium vor sich, ersteres zeigt sich bald darauf wiederum gesondert in zwei scharf hervortretende Schichten (Fig. 19 und 20). Das zarte Endosporium der Oospore umgiebt einen körnchenreichen, protoplasmatischen Inhalt, in welchem eine niemals wandständige aber auch gerade nicht immer central gelegene Vacuole sichtbar ist (Fig. 20. o). Die Oospore liegt inner-

halb der doppelt contourirten Membran des Oogoniums (Fig. 20) und füllt das Oogonium nicht völlig aus. Mit zunehmender Reife der Oospore geht sowohl das Pollinodium mit seinem Befruchtungsfortsatz als auch der Träger des Oogoniums zu Grunde, doch findet man in vereinzelten Fällen auch an vollständig ausgebildeten Oosporen das Pollinodium, losgetrennt von seinem ehemaligen Träger, noch längere Zeit erhalten.

Die Oosporenbildung beginnt, wenn die Schwärmsporenbildung etwa soeben beendet ist.

Die Oosporen keimen nicht unmittelbar nach ihrer Entstehung, sondern machen wie die Oosporen aller bisher bekannt gewordenen Saprolegnienspecies einen Ruhestand durch. Die Dauer desselben kann deshalb nicht angegeben werden, weil an dem in einem Wasserschälchen aufbewahrten Oosporenmaterial die Keimung bis jetzt nicht beobachtet wurde und wie es den Anschein hat, auch wohl nie beobachtet werden wird. Die aufbewahrten Oosporen haben wahrscheinlich durch irgend welche Ursache, vielleicht durch den weiten Transport aus dem Elsass nach Thüringen, ihre Keimfähigkeit eingebüsst.

Prozess der Conidienbildung, Bau und Keimung der Conidien.

Ausser den Schwärmsporen und Oosporen werden von dem Mycelium des Pilzes noch Conidien gebildet. Mit diesem Namen sind wie erwähnt, alle diejenigen von den kugeligen Endzellen zu bezeichnen, welche, nachdem sie sich von ihren Trägern losgetrennt haben, keimungsfähig sind.

Das Wesentliche des Prozesses der Conidienbildung ist schon früher mit der Beschreibung der Entstehung der kugeligen Endzellen erläutert worden, es erübriget nur noch auf einige Einzelheiten aufmerksam zu machen.

War die Abgrenzung einer Endanschwellung eines kurzen, gekrümmten Mycelienastes durch eine horizontale Querwand zu einer kugelichen Endzelle erfolgt, so bildet

sich mitunter dicht unter der Querwand eine nochmalige Anschwellung des in einem solchen Falle noch mit reichlichem Protoplasma angefüllten Trägers, die an Volumen zunehmend schliesslich fast kugelig an ihrer Basis ebenfalls durch eine horizontale Querwand als selbstständige Zelle abgegrenzt wird (Fig 21. a—y), so dass nun zwei solcher kugeligen Zellen senkrecht und dicht übereinander auf Einem Träger zu stehen kommen. Auch sieht man zuweilen, dass ein kurzer mit Protoplasma angefüllter Tragfaden wiederum dicht unter der Querwand seiner bereits gebildeten Endzelle eine seitliche, zur Kugel werdende Austülpung erzeugt, so dass schliesslich zwei solcher Blasen nicht über- sondern nebeneinander zu liegen kommen (Fig. 22. m—p.) Die so durch reihenweise Abschnürung auf geschlechtslosem Wege entstandenen Zellen erweisen sich später, nachdem sie sich von einander ab und von ihren Trägern losgetrennt haben, als keimungsfähig; niemals werden aus ihrem Inhalt Schwärmsporen oder Oosporen gebildet. Keineswegs repräsentiren nur diese durch reihenweise Abschnürung entstandenen Zellen Conidien, auch ein grosser Theil der einzeln am Ende der kurzen Myceliumästchen in der bekannten Weise gebildeten kugeligen Zellen ist keimungsfähig, nachdem die Loslösung vom Mycelium erfolgt ist. Die Loslösung ist kein eigentlicher Abgliederungsprozess, sie kommt einfach dadurch zu Stande, dass die Träger der Conidien mit den übrigen vegetativen Hyphentheilen des Myceliums nach und nach zu Grunde gehen, während die Conidien selbst erhalten bleiben. In Ausnahmefällen lassen die lossgelösten, isolirten Conidien an ihrer Peripherie ein kurzes stumpfes Spitzchen erkennen, welches als Rest ihres einstigen Trägers zu deuten ist. Die Loslösung der Conidien von den Trägern erfolgt zu einer Zeit, wo zumeist die Oosporenbildung beendet ist, also ungefähr dann, wenn das Mycelium des Pilzes in einem Lebensalter von 3 Tagen steht.

Die Conidien haben einen einfachen Bau, sie zeigen

eine farblose, mässig verdickte, in gerade kein sehr deutlich entwickeltes Exo- und Endosporium gesonderte Membran und diese umgiebt einen von der Peripherie nach dem Centrum hin dichter werdenden körnigen, mit einigen kleinen Fetttröpfchen durchsetzten, protoplasmatischen Inhalt (Fig. 23) Einen scharf unterscheidbaren Kern kann man in diesem Inhalt nieht wahrnehmen.

Die Keimung der Conidien kann unmittelbar nach Loslösung von ihren Trägern erfolgen, doch tritt die Keimung vielfach erst dann ein, wenn die Conidien, vom Tage ihrer Entstehung an gerechnet, ein Alter von 2—3 Wochen erreicht haben. Auch hat sich durch Versuche, die im Herbst angestellt wurden, ergeben, dass die Conidien feucht aufbewahrt ihre Keimfähigheit Monate lang bewahren können.

Die Conidien keimen in reinem Wasser. Sie schwellen zunächst durch Aufnahme von Wasser etwas an und treiben dann nach einer oder auch seltener nach zwei Seiten hin (Fig. 24) eine anfangs kurze, stumpfendigende Ausstülpung, einen Keimschlauch, der sich in das Endospor der Conidie fortsetzt und sich durch Spitzenwachsthum verlängert. Das Längenwachsthum des Keimschlauches ist vollendet, sobald der protoplasmatische Inhalt der Conidie, die Reservenahrung verbraucht ist. Bis hieher ist der Keimungsprocess der Conidien in reinem Wasser zu beobachten. Vorausgesetzt, dass die Bedingungen einer weiteren Entwickelung erfüllt sind, so wächst der getriebene Keimschlauch schliesslich zu einem Reproductionsorgane erzeugenden Mycelium heran, das ganz und gar dem beschriebenen Mycelium dieser Pilzspecies gleicht.

Genau auf dieselbe Art wie die Keimung der Conidien erfolgt auch die Keimung der Glieder- oder Zwischenzellen, die, wie angegeben, im Längsverlaufe der stärkeren vegetativen Hyphentheile des Myceliums gebildet werden. Auch die Zwischenzellen keimen erst nachdem sie aus der Continuität des Myceliums losgelöst wurden. Das Mycelium des Pilzes geht nach Bildung der dreierlei

Reproductionsorgane allmählig zu Grunde. Das Protoplasma der vegetativen Hyphentheile nimmt ein trübes Aussehen an und zerfliesst vollständig, nachdem die Membran der Hyphentheile sich aufgelöst hatte. Nur einzelne Membranäste der stärkeren vegetativen Hyphentheile bleiben bei Gegenwart von Wasser noch längere Zeit erhalten, entziehen sich aber schliesslich der Beobachtung, indem sie dem Auflösungsprocesse unterliegen. —

Bei der soeben erfolgten Beschreibung des Baues und der Entwickelungsgeschichte von Pythium de Baryanum wurden niemals die Camelinakeimlinge berücksichtigt, in denen, wie in der Einleitung dieser Abhandlung angegeben wurde, der endophytische Schmarotzer vorgefunden worden war. Es unterblieb diese Berücksichtigung lediglich deshalb, damit die Beschreibung des Pilzes im Zusammenhang abgefasst an Klarheit keine Einbusse erlitte und es konnte dieselbe unterbleiben, weil es gelang, das in dem parenchymatischen Gewebe des hypocotylen Gliedes der erkrankten Camelinakeimlinge angetroffene Pilzmycelium zu einer weiteren Entwickelung auch ausserhalb seines Wirthes durch folgende Manipulationen zu veranlassen. Es wurden die in Gartenerde erwachsenen und daselbst erkrankten, myceliumführenden Camelinakeimlinge ihrem Standort mit Vorsicht entnommen und zunächst in einem Gefäss mit Wasser einer gründlichen Reinigung von den namentlich ihren Wurzeln anhaftenden Bodenpartikelchen unterworfen und dann etliche derselben in zwei bis zur Hälfte mit destillirtem Wasser angefüllte Behälter von Glas gethan, während die übrigen einzeln auf Objectträger gelegt wurden, welche letztere zuvor mit einigen Tropfen destillirten Wassers belastet waren. Als darauf diese Objectträger nach dem gewöhnlichen bei Pilzkulturen zur Anwendung kommenden Verfahren auf ein Gestell unter eine Glasglocke gebracht und über die die Keimlinge führenden Getässe gleichfalls Glasglocken gestülpt waren, befanden sich die Objecte theils vollständig unter Wasser theils in einer wasserdunstreichen At-

mosphäre und es währete nicht volle acht Stunden, so traten die in dem Parenchym des hypocotylen Gliedes der Keimlinge kriechenden Mycelienstränge in das die Keimlinge umgebende Wasser, nachdem dieselben an vielen Stellen die etwa noch erhaltene Epidermis der jungen Pflänzchen auf hier nicht näher zu erörternde Weise durchbohrt hatten. Das Austreten dieser Mycelienstränge konnte selbstverständlich nur mit Hülfe des Mikroscops beobachtet werden. Nach Verlauf weiterer acht Stunden hatten die ausgetretenen Mycelienstränge bereits ein solches rapides Wachsthum in dem sie umgebenden Wasser erfahren, dass man nun mit unbewaffneten Auge ganz deutlich die stärkeren vegetativen Hyphentheile und stellenweise sogar die fadenförmigen kurzen Aestchen erkennen konnte, auf denen, wie gezeigt wurde, die Reproductionsorgane gebildet werden. Das Wachsthum des Myceliums ging ausserhalb der Keimlinge im Wasser aber auf Kosten der Camelinapflänzchen vor sich, mit denen die ausgetretenen Mycelienstränge in noch inniger Verbindung standen. Auf diese Weise war es möglich den vollständigen Entwickelungsgang des Schmarotzers ohne irgend welche Berücksichtigung seines Wirthes verfolgen und darstellen zu können. Das Mycelium des Pilzes, welches aus den auf Objectträgern ruhenden Keimlingen hervortrat, entwickelte nur in relativ seltenen Fällen Schwärmsporen, desto mehr trat aber die Oosporen- und Conidienbildung in den Vordergrund, wo hingegen das Mycelium, welches aus den in Wasserbehältern befindlichen Camelinakeimlingen ausgetreten war, ungemein viel Schwärmsporen und weit weniger Oosporen und Conidien erzeugte.

Bevor nun zu dem zweiten Theil dieser Abhandlung, zu dem Nachweis des causalen Zusammenhanges zwischen Pilz und Krankheit der Camelinakeimlinge geschritten werden soll, dürften vorerst noch die Merkmale anzuführen sein, welche Pythium de Baryanum von den übrigen bisher bekannt gewordenen Species der Gattung Pythium unterscheidet. Es wurde bereits früher hervorgehoben, dass sich die Arten

der Gattung Pythium durch den Ort ihres Vorkommens, durch die Beschaffenheit des Myceliums, durch die Form und den Bau ihrer Sporangien Oogonien und Oosporen unterscheiden. Unter Berücksichtigung dieser äusserst brauchbaren, von Prof. Pringsheim aufgestellten Unterscheidungsmerkmale würden mit Einschluss von Pythium de Baryanum die bisher bekannt gewordenen Species der Gattung Pythium folgendermassen zu charakterisiren sein:

Gattung Pythium Pr.

Schwärmsporen ausserhalb der Sporangien aus dem ausgetretenem Inhalt in einer Blase gebildet. In jedem Oogonium nur Eine Oospore entstehend.

I. Pythium monospermum Pr.

Vorkommen: Auf in's Wasser gefallenen Mehlwürmern.
Mycelium. Sehr lange, einzellige, verästelte Schläuche.
Sporangien. Schlauchartig, die Spitze am Myceliumschlauch wird abgegliedert zum Sporangium.
Oogonien. Fast kugelig; mit Löchern versehene Membran.
Oosporen. Rund mit glatter, geschichteter Membran.

II. Pythium endophytum Pr.

Vorkommen. Im Innern des Copulationskörpers einer Spirogyra.
Mycelium. Dicke, kurze, einzellige, unverästelte Schläuche.
Sporangien. Schlauchartig; die ganze Endpartie eines Myceliumschlauchs wird abgegrenzt zum Sporangium.
Oogonien. } Nicht beobachtet.
Oosporen. }

III. Pythium proliferum dBy.

Vorkommen. Auf faulenden Insekten im Wasser.
Mycelium. Straffe, verästelte Fäden.

Sporangien. Citronenförmig mit kurzer, stumpfer Endpapille; Sporangiumschale vom Tragfaden durchwachsen; unter den entleerten Sporangien zuweilen zahlreich hervortretende Prolificationen.

Oogonien. } Nicht beobachtet.
Oosporen. }

IV. Pythium reptans dBy.

Vorkommen. In abgestorbenen Süsswasseralgen (Bangia atropurpurea, Spirogyra nitida, Hoeriana und Verwandten, Vaucheria) zuweilen auch auf faulenden Insekten.

Mycelium. Dicke, hin- und hergebogene verästelte Fäden.

Sporangien. Ein verzweigtes Fadenstück grenzt sich zu dem Sporangium ab, daher das Sporangium von unbestimmter Form.

Oogonien. } Nicht beobachtet.
Oosporen. }

V. Pythium de Baryanum n. sp.

Vorkommen. In den Geweben der Keimlinge von Camelina sativa, Spergula arvensis, Trifolium repens und einiger anderer phanerogamamer Gewächse.

Mycelium. Eine einzige langschlauchförmige Hyphe mit reichlicher Astbildung; kürzere Seitenäste fadenförmig und gebogen, fast rechtwinkelig abstehend, zu Complexen vereinigt.

Sporangien. Kugelig mit kurzem, stumpfendigendem Fortsatz.

Oogonien. Kugelig mit undurchlöcherter Membran.

Oosporen. Kugelig mit deutlichem Exo- und Endospor, ersteres geschichtet.

II. Nachweis des causalen Zusammenhangs zwischen Pythium de Baryanum und der Krankheit der Camelinakeimlinge.

Durch das Auffinden eines Myceliums im Rindenparenchym der in der Gartenerde erwachsenen und daselbst erkrankten Camelina sativa war zunächst nur die Anwesenheit eines Pilzes constatirt, dass derselbe aber mit der Krankheit der Camelina in irgend welchem Zusammenhange stehen oder wol gar die Ursache derselben sein könnte, das durfte man nur vermuthen, aber dafür war durchaus noch kein Beweis durch das blosse Vorhandensein eines Myceliums geliefert. Es konnten ja die Camelinakeimlinge in Folge einer ihnen nicht zusagenden physikalischen oder chemischen Beschaffenheit der Gartenerde, in Folge eines verderblichen Einflusses von Insektenlarven, durch Wurmfrass an ihren Wurzeln oder durch irgend eine andere Ursache erkrankt sein und erst nachdem sie erkrankt waren, konnte sich der Pilz als eine secundäre Erscheinung, vielleicht als ein Begleiter der eigentlichen Krankheit angesiedelt und verbreitet haben. War darum der Pilz in der That der Erreger, die alleinige Ursache der Krankheit, so musste dies erst bewiesen werden und ohne Zweifel konnte die Beweisführung nur so geschehen, dass einmal vollkommen gesunde Camelinakeimlinge gezogen und diese dann mit dem Pilz in Berührung gebracht wurden. Bei einem solchen Verfahren musste es unter allen Umständen klar werden, ob der Pilz eine Einwirkung auf gesunde Keimlinge auszuüben vermochte oder nicht. Zeigte es sich dann, dass der Pilz einer Einwirkung auf gesunde Camelinakeimlinge fähig war, so war dadurch der causale Zusammenhang zwischen dem Pilz und der Krankheit jener sechs Tage alten, in der Gartenerde erwachsenen Keimlinge der Camelina sativa unumstösslich und vollständig dargethan, zeigte es sich dagegen, dass der Pilz gesunden Camelinakeimlingen gegenüber sich vollständig indifferent ver-

hielte, so war zu folgern, dass die unmittelbare Ursache der Krankheit jener Camelinakeimlinge alles Andere nur nicht der Pilz gewesen sein konnte. — Das erste Postulat dieser Beweisführung, die Herbeischaffung von vollständig gesunden Camelinakeimlingen wurde auf folgendem Wege erfüllt. Auf etwas mit destillirtem Wasser angefeuchtetes Fliesspapier wurde eine Anzahl kräftiger Samenkörner von Camelina sativa ausgelegt und über dieselben wie gewöhnlich zur Herstellung einer abgeschlossenen, wasserdunstreichen Atmosphäre eine Glasglocke gestülpt. Bei dieser Aussaat fiel die bei den ersten Culturen zur Anwendung gekommene Gartenerde, in der man in Folge ihrer chemischen oder physikalischen Beschaffenheit eine unmittelbare oder durch Einschluss von Würmern und drgl. eine mittelbare Ursache der damaligen Erkrankung der Camelinakeimlinge vermuthen konnte, weg und ferner war das zur Anfeuchtung der Erde, zur Begiessung der keimenden Samen früher benutzte, möglicherweise auch durch Führung von Pilzkeimen etc. zur Erkrankung Veranlassung gegeben habende Regenwasser durch destillirtes Wasser ersetzt. Da Körner von demselben Saatgut wie ehedem auch zu dieser Aussaat verwendet wurden, so war man, ganz abgesehen von dem unreinen Substrat, dem Fliesspapier, auf welchem die Samen lagen, immer noch nicht zu der Annahme berechtigt, es müssten bei diesem Verfahren nun unbedingt gesunde Keimpflänzchen erwachsen, vielmehr lag der Gedanke, dass im Innern der Samen oder an der Oberfläche der Samenschalen die Keime einer Pilzspecies und möglicherweise gerade die von Pythium De Baryanum, die man doch zunächst auch vermeiden musste, verbreitet sein konnten, nicht allzuweit entfernt und gehörte nicht dem Bereiche der Phantasie an. Ich werde später einer Aussaat von Zea Mays, die unter denselben Bedingungen stattfand, Erwähnung thun, bei welcher Einer der ausgelegten, anscheinend normal ausgebildeten Samen, nachdem er das Radicularende aus der Samenschale getrieben, an seiner weiteren Entwickelung deshalb be-

hindert wurde, weil die Paquetsporen einer noch nicht beschriebenen Urocystisspecies? einen grossen Theil seines gelblichen, festen Endospermgewebes occupirt hatten, eine Thatsache, die einen Beleg dafür bietet, dass in manchen Fällen im Innern der Samen Pilzkeime vorhanden sein können, welche später Krankheiten an den aus solchen Samen sich entwickelnden Pflanzen verursachen. Dass aber auch auf der Oberfläche der Samenschalen entwickelungsfähige Pilzsporen angetroffen werden, das beweisen die auf der Samenschale von Triticum sativum häufig genug vorzufindenden Sporen von Ustilago carbo DC., die der Landwirth ja behufs der Zerstörung ihrer Keimfähigkeit der Einwirkung jenes bekannten und allgemein zur Anwendung kommenden Beizungsmittels unterwirft. So konnten wol auch die auf Fliesspapier ausgelegten Camelinasamen die Keime der Pythium- oder einer sonstigen Pilzspecies in oder an sich tragen und die aus ihnen zur Entfaltung kommenden Keimlinge mussten daher nicht nur mit unbewaffnetem Auge sondern auch wenigstens theilweise unter dem Mikroskop einer gründlichen Prüfung hinsichtlich ihrer normalen Ausbildung unterworfen werden, ehe man ihnen das Prädicat „vollkommen gesund“ zuertheilen konnte. Es geschah dies, nachdem das Radicularende und die Cotyledonen nach 48 Stunden aus der Samenschale zu Tage getreten waren. Keine Spur einer Abnormität konnte an diesen Keimlingen entdeckt werden und mit ihrer Gewinnung war somit das erste Postulat der Beweisführung „die Herbeischaffung gesunden Camelinamaterials erfüllt.

Nun kam es darauf an, den Pilz mit diesen Keimlingen in Berührung zu bringen, um seine Einwirkung auf dieselben, überhaupt sein Verhalten zu denselben zu studiren. Da man nach dem am Schlusse des ersten Theiles dieser Abhandlung geschilderten Verfahren das Mycelium aus einem in der Gartenerde erwachsenen, pythiumbehafteten Camelinakeimlinge mit Leichtigkeit in einen auf dem Objektträger befindlichen Wassertropfen austreten und das

fernere Wachsthum seiner Hyphentheile veranlassen konnte, so schien es rathsam, zunächst das Ende eines solchen im Längenwachsthum begriffenen Myceliumzweiges an die Epidermis und zwar zunächst an die Wurzelepidermis eines gesunden Camelinakeimlings herantreten zu lassen und es wurde deshalb ein Objectträger mit einem pythiumbehafteten und mit einem gesunden Keimling bei Gegenwart von destillirtem Wasser belastet so, dass das hypocotyle Glied des kranken neben den Wurzelkörper des gesunden Keimlings nahezu parallel in horizontaler Lage zu liegen kam und dass zwischen diesen Theilen ein mit destillirtem Wasser ausgefüllter Streifen von geringer Breite gelassen wurde. Alsdann wurde der Objectträger mit seinen beiden Objecten auf ein Gestell unter eine Glasglocke gebracht. Der gesunde, auf Fliesspapier gezogene, erst zwei Tage alte, auf Kosten seiner Reservestoffe einer noch bedeutenden Streckung seines hypocotylen Gliedes fähige Keimling war unter Beobachtung der grössten Vorsicht seinem Standorte entnommen und unverletzt in das Wasser des Objectträgers gelegt worden. Fand er daselbst keine für seine weitere Entwickelung günstigen Verhältnisse vor, die ihm zu gewähren auch gar nicht beabsichtigt wurde, so konnte man doch keineswegs behaupten, dass für den Keimling durch den Wechsel seines Standortes eine Aenderung seines gesunden Zustandes eingetreten wäre, noch dass eine solche durch das dem Keimling nun bevorstehende Liegen in dem reinen Wasser des Objectträgers, sofern dasselbe nur nicht länger als einige Stunden währte, eintreten würde. Der kranke Keimling war von den ihm anhaftenden Bodenpartikelchen gereinigt und auf Pythiummycelium mikroscopisch untersucht worden, ehe er neben den gesunden Keimling gebracht wurde. Kaum sechs Stunden hatten beide Keimlinge unter der Glasglocke auf dem gemeinschaftlichen Objectträger gelegen, als die mikroscopische Untersuchung ergab, dass aus dem hypocotilen Glied des kranken Keimlings an zahlreichen Stellen Pythiummyceliumstränge durch

die Epidermis in den Wasserstreifen hervorgetreten waren, von denen etliche ihre Wachsthumsrichtung gerade auf den Wurzelkörper des gesunden Keimlings genommen, aber denselben noch nicht ganz erreicht hatten. Da das weitere Wachsthum der Mycelienstränge, wie man sich überzeugte, auch unter dem Mikroskop ohne Gegenwart einer Glasglocke erfolgte, so blieb der belastete Objectträger von diesem Zeitpunkt an unter dem Mikroscop und man konnte nun den Moment des Herantretens eines Myceliumzweiges an die Wurzelepidermis des gesunden Camelinakeimlings scharf und bequem beobachten. Als das stumpfe Ende eines stärkeren Myceliumzweiges die Aussenwand einer Oberhautzelle der Wurzel des gesunden Keimlings, die nicht allzuweit von der Ansatzstelle des hypocotylen Gliedes entfernt lag, soeben berührt hatte, sah man deutlich, wie dieses Ende ein wenig anschwoll (Fig. 25 e) und dann sofort durch die Aussenwand der Epidermiszelle einen Fortsatz von nahezu der Dicke des Myceliumzweiges, dem das angeschwollene Ende angehörte, hindurch und in das Innere der Zelle schickte (Fig. 26 f.) und wie dieser Fortsatz weiterwachsend die Innenwand der Zelle durchbohrte, um sich schliesslich in das unter der Oberhautzelle befindliche Rindengewebe der Wurzel zu begeben. So oft dieser Vorgang nun noch an anderen, die Wurzelepidermis berührenden Mycelienssträngen beobachtet wurde, immer zeigte es sich, dass das Ende eines solchen Stranges gleich nach Berührung der Aussenwand einer Oberhautzelle, es mochte dieselbe in einem Winkel treffen, in welchem es wollte, etwas anschwoll und dann durch Treibung eines Fortsatzes die Aussenwand der Epidermis durchbohrte.

Es kam vor, dass der Fortsatz, nachdem er in das Innere einer Oberhautzelle gelangt war, durch eine der beiden Seitenwände dieser Zelle in eine benachbarte Epidermiszelle und von da wieder in eine dieser angrenzenden Epidermiszelle etc. sich verlängernd vordrang, ehe er sich in das tiefer gelegene Rindengewebe der Wurzel begab. In

einem solchen Falle konnte man dann auch sehr deutlich die Verzweigung des eingetretenen Myceliumstranges innerhalb der einschichtigen Epidermis der Wurzel constatiren, die ganz auf die nämliche Weise erfolgte, wie sie für das Mycelium dieser Pilzspecies geschildert ist.

Durch diesen Versuch war unzweifelhaft dargethan, dass das Mycelium von Pythium de Baryanum fähig war, durch die Wurzelepidermis eines gesunden Camelinakeimlings einzutreten und innerhalb des Keimlings weiter zu wachsen. Es fragte sich ferner, wie sich das Mycelium des Pilzes gegenüber der mit Spaltöffnungen versehenen Epidermis des hypocotylen Gliedes gesunder Keimlinge verhalten würde. Zur Lösung dieser Frage wurden wiederum wie beim ersten Versuch zwei Camelinakeimlinge, ein gesunder und ein kranker, pythiumbehafteter, bei Gegenwart von etwas Wasser auf einen Objektträger unter eine Glasglocke gebracht, doch bei diesem Versuch so, dass die hypocotylen Glieder beider Keimlinge neben einander nahezu parallel zu liegen kamen; ein kleiner, mit Wasser ausgefüllter Streifen wurde auch bei diesem Versuch zwischen beiden Objekten hergestellt. Als nach Verlauf einiger Stunden Mycelienschläuche aus dem hypocotylen Glied des kranken Keimlings zunächst in den Wasserstreifen getreten und dann ziemlich nahe der Epidermis des hypocotylen Gliedes des gesunden Keimlings gekommen waren, wurde der Objektträger unter das Mikroskop gebracht und bald konnte mit aller Bestimmtheit constatirt werden, dass das Ende eines Myceliumzweiges, sobald es die Aussenwand einer am Rande des hypocotylen Gliedes des gesunden Keimlings gelegenen und darum durchsichtigen Epidermiszelle berührt hatte, in ganz gleicher Weise wie beim ersten Versuch zunächst ein wenig anschwoll und dann einen Fortsatz durch die Aussenwand in das Innere der Zelle. schickte. Das weitere Vordringen dieses Fortsatzes in das unter der Epidermiszelle gelegene Rindenparenchym konnte der Dicke des Keimlings und des Chlorophyllge-

haltes der Parenchymzellen wegen nicht direkt verfolgt werden, als aber nach Verlauf von einigen Stunden durch Zusatz von Kali, das nach kurzer Einwirkung durch Essigsäure neutralisirt wurde, dann das hypocotyle Glied des Keimlings durchsichtiger gemacht worden war, sah ich deutlich, wie sowohl in den Intercellularräumen als auch im Innern der Parenchymzellen verzweigtes Pythiummycelium vorhanden war, ein Beweis, dass der Fortsatz des Myceliumzweigs durch die Epidermiszelle weitergewachsen und in das parenchymatische Gewebe vorgedrungen war. Obgleich dieser Versuch öfters wiederholt wurde, gelang es doch nie das Eindringen eines Myceliumschlauchendes in eine Spaltöffnung der Epidermis des hypocotylen Gliedes zu beobachten.

So stand nun durch die beiden ersten Versuche fest, dass das Mycelium von Pythium de Baryanum sowohl durch die Epidermis der Wurzel, als auch durch die des hypocotylen Gliedes eines gesunden Camelinakeimlings einzutreten und im Innern des Rindengewebes desselben weiterwachsend sich zu verzweigen vermochte. Waren denn aber auch ausser dem Mycelium vielleicht die aus der Entwickelungsgeschichte des Pilzes bekannt gewordenen und sich als keimfähig erwiesenen Reproductionsorgane „die Schwärmsporen und Conidien“, sofern dieselben mit einem gesunden Camelinakeimling in Contact gebracht wurden, fähig, irgend welche Einwirkung auf denselben auszuüben?

Es ist bereits früher geschildert worden, wie dann, wenn man mit Pythiummycelium behaftete Keimlinge in ein mit Wasser angefülltes Gefäss gelegt hatte, schon nach 24 Stunden die Bildung der Schwärmsporen aus dem Inhalt der Zoosporangien ungemein reichlich erfolgte und man konnte daher zur Beantwortung der Frage bezüglich der Einwirkungsfähigkeit der Schwärmsporen auf gesunde Keimlinge der Camelina sativa aus einem solchem Behälter, wenn man nur den rechten Moment nicht versäumte, neben bereits zur Ruhe gekommenen auch soeben im Schwärmen begriffenen Sporen mit Hülfe eines Glasstabes entnehmen und

solche in einen Wassertropfen des mit einem gesunden Camelinakeimling versehenen Objektträgers befördern. Selbstverständlich musste man, wenn man Schwärmsporen mit Sicherheit und in ziemlicher Menge erhalten wollte, den Glasstab an einer Stelle der Wassermenge des Gefässes eintauchen, wo die zahlreichen mit blossem Auge sichtbaren, fluthenden Mycelienfäden des Pilzes gelegen waren, aber freilich stets konnte erst die mikroscopische Untersuchung entscheiden, ob auch wirklich bei einer solchen Operation im Schwärmen begriffene Sporen in den Wassertropfen des Objectträgers gekommen waren. In der That sah man unter dem Mikroscop, nachdem diese Procedur in der eben geschilderten Weise vorgenommen war, Sporen in dem Wassertropfen des mit einem gesunden Keimling belasteten Objektträgers zahlreich herumschwärmen, und weil der Objectträger auch ferner unter dem Mikroscop blieb, konnte man auch diejenigen Orte aufsuchen, wo die Schwärmsporen nur noch ihre rotirenden, nicht mehr fortschreitenden Bewegungen machten und es zeigte sich, dass etliche Schwärmer auf der Aussenwand einzelner Oberhautzellen der Ränder des auf der Glasfläche des Objektträgers horizontal liegenden hypocotylen Gliedes des gesunden Keimlings, welche ihrer Durchsichtigkeit wegen zu dem vorliegenden Zweck sehr geeignet waren, sich soeben in den Zustand der Ruhe begeben wollten. Eine solche auf der Aussenwand einer Oberhautzelle befindliche, dieser festansitzende, zur Ruhe gekommene Spore wurde nun scharf in's Auge genommen.

Schon nach wenigen Minuten hatte die Membran dieser Spore an der ihrem Anheftungspunkte gegenübergelegenen Stelle eine kurze Ausstülpung getrieben, die sich sofort stark krümmte und auf die Aussenwand der Oberhautzelle des hypocotylen Gliedes des gesunden Camelinakeimlings loswuchs (Fig. 27 e). Als das stumpfe Ende des gekrümmt fortwachsenden Keimschlauchs der Spore die Aussenwand der Oberhautzelle berührte, schwoll es kaum merklich an und schickte nun einen die Aussenwand durchboh-

renden, fadenförmig dünnen Fortsatz in das Innere der Oberhautzelle hinein. (Fig. 28 e).

Das Eintreten des Keimschlauchs der Schwärmspore in die Oberhautzelle des hypocotylen Gliedes erfolgte mithin genau so, wie das Eintreten der Mycelienstränge des Pilzes. Um zu ermitteln, ob ausser der beobachteten auch noch andere auf der Epidermis des gesunden Keimlings zur Ruhe gekommene Sporen mit ihren Keimschläuchen durch die Aussenwand irgend welcher Epidermiszellen des hypocotylen Gliedes eingedrungen waren, wurde ein Epidermisstreifen des nämlichen hypocotylen Gliedes seiner ganzen Länge nach abgezogen und so auf einen Objektträger gelegt, dass seine frühere Aussenseite auf die Glasfläche des Trägers, seine frühere Innenseite dagegen dem Auge des Beobachters zugekehrt zu liegen kam. Ich sah unter dem Mikroscop, dass an zahlreichen Stellen des Epidermisstreifens stumpfe Enden von zarten Sporenschläuchen über den Epidermisstreifen hinaus nach oben ragten und dieses war ein deutlicher Beweis, dass auch noch andere Schwärmsporen, ausser die direkt beobachtete, ihren Keimschlauch in die Epidermiszellen des Keimlings getrieben hatten und dass ferner die eingetretenen Keimschläuche bereits die Innenwand der Epidermiszellen durchbohrt haben mussten.

Auch die Keimschläuche der Conidien des Pilzes vermögen, wie ein auf ganz ähnliche Art angestellter und darum keiner ausführlichen Schilderung bedürftiger Versuch ergab, in die Epidermis des hypocotylen Gliedes und auch der Wurzel gesunder Camelinakeimlinge einzudringen und zwar auf die nämliche Art und Weise, wie die Keimschläuche der Schwärmsporen und wie die stumpfen Enden der Mycelienäste.

Die Kräfte, die bei der Durchbohrung der Wand der Oberhautzellen der Camelinakeimlinge durch die Zweigenden des Myceliums, durch die Keimschläuche der Schwärmsporen und Conidien von Pythium de Baryanum zur Wirkung kommen, sind jedenfalls analog denjenigen, die bei

dem Eindringen der Mycelien anderer Schmarotzerpilze durch die Wände der Epidermiszellen ihrer Wirthe wirksam sind, leider existiren über dieselben nur Vermuthungen und diese hier zu erörtern würde nicht am Platze sein.

Durch diese Versuche war ganz unzweifelhaft die Fähigkeit des Pilzes, in die Epidermis gesunder Camelinakeimlinge einzutreten, nachgewiesen, die Art und Weise seines Eintrittes dargethan und endlich auch wenigstens durch die beiden ersten Versuche die nächsten Folgen seines Eintritts, nämlich das Verbreiten und die Verzweigung seines Myceliums in und zwischen den parenchymatischen Zellen des hypocotylen Gliedes, in und zwischen den Rindenzellen des Wurzelkörpers dieser Keimlinge ermittelt. Gestützt auf die Resultate dieser Versuche war man nun zu der unumstösslichen Annahme berechtigt, dass der Pilz auch in jene in der Gartenerde erwachsenen, als krank befundenen Camelinakeimlinge eingetreten war und sich im Innern derselben verbreitet hatte. War aber dieses anzunehmen, so stand auch fest, dass der Pilz die unmittelbare Ursache der Krankheit jener Keimlinge gewesen war. Denn mit dem Eindringen des Pilzes in die Keimlinge und mit seiner weiteren Entwickelung innerhalb der Gewebe der Keimlinge musste nothwendigerweise, wie aus den allgemeinen Lebensgesetzen einer hochorganisirten Pflanze einerseits und aus den Vegetationsbedingungen der Schmarotzerpilze andererseits hervorgeht, eine Aenderung des gesunden Zustandes der Keimlinge, eine Störung in der normalen Thätigkeit ihrer Organe d. h. also ein krankhafter Zustand verbunden gewesen sein. Der Nachweis des causalen Zusammenhanges zwischen der Krankheit jener in der Gartenerde erwachsenen Keimlinge und Pythium de Baryanum war somit zweifellos und vollständig geliefert. —

III. Die Art und Weise der Entwickelung und Verbreitung des Pilzes im Innern der Camelinakeimlinge.

Nach der bereits im ersten Theile dieser Abhandlung beschriebenen Entwickelungsgeschichte von Pythium De Baryanum war sein Mycelium fähig dreierlei Reproductionsorgane „Schwärmsporen, Oosporen und Conidien“ zu erzeugen. Es war die Bildung dieser Organe, wie man sich erinnert, auf Kosten der Camelinakeimlinge aber ausserhalb derselben in dem Wasser des Objektträgers erfolgt und dort beobachtet worden. Wenn man nun auch von vornherein annehmen konnte, dass die Bildung dieser Organe, wenn sie überhaupt im Innern der Keimlinge statthatte, auf ganz dieselbe Weise wie ausserhalb der Keimlinge in dem Wasser des Objektträgers vor sich gehen würde, so war doch vollständig unbekannt und darum einer genaueren Untersuchung unterwerfbar, ob überhaupt die Bildung dieser Organe und zwar sämmtlicher Organe im Innern der Keimlinge stattfand und dann, wenn dies der Fall, wo denn eigentlich der Ort ihrer Entstehung war d. h. in welchen Gewebstheilen der Keimlinge die einzelnen Organe gebildet würden. Auch über die Art und den Ort der Verbreitung des Pythiummyceliums im Innern der Camelinakeimlinge mussten noch genauere Beobachtungen angestellt werden, als es bisher bei den Infectionsversuchen geschehen war.

Das Keimlingsmaterial, das zum Nachweis des causalen Zusammenhangs zwischen Pilz und Krankheit gedient hatte, war nun schon zu lange Zeit in dem Wasser der Objektträger gelegen, als dass an ihm die weitere Entwickelung des eingetretenen Pilzes exact hätte beobachtet werden können. Die Entwickelung und Verbreitung von Pythium De Baryanum im Innern der Camelinakeimlinge war vielmehr besser an den in der Gartenerde erwachsenen, daselbst von Pythium befallenen, oder auch an den auf angefeuchtetem Fliesspapier gezogenen und dort mit Pythium de Baryanum

inficirten Camelinakeimlingen zu studiren. Das Resultat dieser Untersuchung war folgendes:

Das durch die Wurzelepidermis der Camelinakeimlinge eingetretene Mycelium von Pythium de Baryanum verbreitet sich, sofern die später zu erörternden Bedingungen einer kräftigen Pilzvegetation erfüllt sind, auf weite Strecken innerhalb und zwischen den Zellen der Epidermis und des parenchimatischen Gewebes des hypocotylen Gliedes und mitunter auch der Cotyledonen, innerhalb der Bastelemente der Fibrovasalstränge, kurz in allen Geweben und Organen mit alleiniger Ausnahme der Holzelemente der Keimlinge. In oder zwischen die Holzelemente der Fibrovasalstränge gelangt wol niemals Pythiummycelium, diese werden darum auch wie es scheint in keinem Falle, was hier anticipirt sein mag, von dem Endophyten unmittelbar zerstört. Ganz besonders ist es aber das parenchymatische Gewebe des hypocotylen Gliedes, wo das Mycelium des Endophyten die ausgedehnteste Verbreitung findet, und wo auch, wie gleich angegeben werden soll, in den meisten Fällen die Fructification des Pilzes erfolgt. Während zahlreiche Aeste des Myceliums die erwähnten Gewebe und besonders das Parenchym des hypocotylen Gliedes der Keimlinge nach allen nur denkbaren Richtungen durchsetzen, sieht man häufig genug, wie sie sich innig aneinander anlagern, aber niemals findet im Innern der Keimlinge eine Verfilzung und Verflechtung dieser Myceliumäste statt; sie wachsen dicht nebeneinander fort, ohne jemals strangartige oder sonstige Verbindungen einzugehen.

Von den Reproductionsorganen erzeugt das Mycelium im Innern der Keimlinge Conidien und Oosporen (Pollinodien und Oogonien), Schwärmsporen dagegen werden niemals im Innern der Keimlinge gebildet. Freilich soll damit keineswegs gesagt sein, dass das innerhalb der Camelinakeimlinge befindliche Mycelium von Pythium de Baryanum schlechterdings nicht fähig wäre,

Schwärmsporen zu erzeugen. Wenn in der unmittelbaren Umgebung der in der Gartenerde oder auf Fliesspapier erwachsenen Camelinakeimlinge Wasser vorhanden ist, wenn beispielsweise ein Wassertropfen an den basalen Theil des hypocotylen Gliedes oder auch an die Wurzel gelangt war, so treibt das im Innern der Keimlinge kriechende Pythiummycelium sofort einige Aeste nach aussen in den vorhandenen Wassertropfen und bildet Zoosporangien und Schwärmsporen ausserhalb der Keimlinge in Menge aus, aber im Innern der Keimlinge werden keine Schwärmsporen gebildet.

Die Oosporen (Pollinodien und Oogonien) und Conidien erzeugt das Mycelium fast ausschliesslich in und zwischen den parenchymatischen Zellen des hypocotylen Gliedes der Keimlinge auf kurzen Trägern in der bekannten Weise, nur ausnahmsweise auch in dem Diachym der Samenlappen und zwar werden diese Reproductionsorgane innerhalb der Keimlinge in den beobachteten Fällen niemals in so grosser Menge gebildet, als wenn das Mycelium des Pilzes im Wasser ausserhalb der Keimlinge aber ernährt von diesen fructificirt. Der Grund warum in dem Diachym der Cotyledonen der Endophyt so selten fructificirt ist einfach in dem Umstande zu suchen, dass das durch die Wurzelepidermis in dass Innere der Keimlinge gelangte Mycelium des Pilzes, selbst wenn die Bedingungen einer kräftigen Vegetation erfüllt sind, häufig nicht bis in die Cotyledonen der Keimlinge gelangt. — Mit der Reife des Pilzes schwindet sein Mycelium bis auf kaum kenntliche Reste, es löst sich auf. Die reifen Oosporen und Conidien bleiben erhalten und gelangen entweder allein oder in Gemeinschaft mit zerstörten Gewebsresten der Camelinalinge auf die Bodenfläche, wo sie dann unter gewissen Bedingungen die Conidien sofort die Oosporen nach längerer Ruheperiode tähig sind, Keimschläuche zu treiben.

IV. Die pathologischen Veränderungen, welche die Camelinakeimlinge durch den endophytischen Schmarotzer erfahren.

Die pathologischen Veränderungen, welche im Allgemeinen endophytische Parasiten als eine Folge ihrer localen Affektion in den Geweben und Organen ihrer Nährpflanzen verursachen, sind, wie bekannt, mannigfaltigster Art. Bald bestehen dieselben, um nur einiges Wenige anzuführen, in einer collosalen abnormen Zellvermehrung in den von dem Pilz befallenen Pflanzentheilen, wie die Beulen an dem Maisstengel, verursacht durch Ustilago Maydis. Lev., wie das Angeschwollensein der Früchte von Prunusarten, veranlasst durch Exoascus Pruni, wie das bauchige Hervorstehen des Diachyms der Birnbaumblätter, hervorgerufen durch Roestelia cancellata Rebent. beweisen, bald bestehen dieselben in dem geraden Gegentheil einer Zellenvermehrung, in einem vollständigen Verschwinden ganzer Gewebstheile an den Orten der Nährflanze, wo der Endophyt fructificirt, oder wo dessen Mycelium sich verbreitet, sei es, dass dabei diesem Verschwinden der Gewebstheile eine bedeutende Verdrängung und Verschiebung der einzelnen Gewebselemente voraufgeht oder nicht. Für den ersten Fall bieten namentlich unter den Hypodermiern die meisten Ustilagineen, für den zweiten Fall viele einheimische Peronosporeen und Uredineen unzählige Belege etc. Zu denjenigen Endophyten, welche wie viele einheimische Peronosporeen und Uredineen ein allmähliges Verschwinden des Zellgewebes an den Theilen ihrer Nährpflanzen bewirken, wo sie vegetiren, ohne dass diesem Verschwinden gerade eine bedeutende Verdrängung und Verschiebung der einzelnen Gewebselemente voraufgänge, gehört Pythium de Baryanum. Es werden durch Pythium de Baryanum im Allgemeinen die befallenen Gewebstheile seiner Nährpflanzen und speciell der Camelinakeimlinge bis

auf Membranreste langsam ausgesogen und letztere gehen, sobald der Endophyt seine Fructification beendet, durch Verwitterung oder Saprophyten zu Grunde.

Indem sich das Mycelium von Pythium de Baryanum, nachdem es hie und dort die Aussenwand der Epidermiszellen der Camelinakeimlinge durchbohrt, auf weite Strecken innerhalb der Epidermis und des Rindengewebes der Wurzel, innerhalb der Epidermis und des parenchymatischen Gewebes des hypocotylen Gliedes und der Cotyledonen verbreitet und unter Umständen bis auf die Holzelemente der Fibrovasalstränge der Keimlinge vordringt, durchsetzt es die Zellen dieser Gewebe nach allen Richtungen und saugt deren Inhalt allmählich aber vollständig aus. Dabei werden die Zellen dieser Gewebe wol hie und da auseinandergedrängt, wird ihr Zusammenhang wol hie und da etwas gelockert, aber niemals findet ein derartiges Verschieben von Gewebe statt, dass an irgend einer Stelle der Camelinakeimlinge eine Erhöhung oder Auftreibung sichtbar würde, dass beispielsweise die hier oder dort vom Pilz verschont gebliebene Epidermis der Camelinakeimlinge in Folge einer starken Wucherung des Endophyten innerhalb des unter ihr befindlichen Rindengewebes in die Höhe gehoben oder wol gar auf längere Strecken hin gesprengt würde. Da es nun namentlich, wie die Entwickelungsgeschichte von Pythium de Baryanum im Innern der Camelinakeimlinge gelehrt hat, das parenchymatische Gewebe des hypocotylen Gliedes der Camelinakeimlinge ist, wo der Endophyt den Hauptsitz seiner Verbreitung hat und wo er seine Fructificationsorgane „die Oosporen und Conidien“ bildet, so sind es ganz besonders diese clorophyllführenden Zellen des Parenchyms, welche unter Einbusse ihrer ursprünglichen Form und Structur von Pythium ausgesogen werden, welche dem Endophyten das hauptsächlichste Ernährungsmaterial liefern. Während eine solche Aussaugung durch das Mycelium des Schmarotzers in diesem parenchymatischen Gewebe der Keimlinge erfolgt,

schwindet allmählig aber vollständig der grüne Farbstoff, das Gewebe nimmt eine schmutzig-weise Färbung an und schrumpft zusammen, so dass schliesslich an den von dem Pilz occupirten Stellen dieses Gewebes nur Membranreste vorhanden sind, welche der Verwitterung oder den sich ansiedelnden Saprophyten wie Formen aus den Gattungen „Fusisporium, Trichothecium etc.“ anheimfallen. Die über solchen Theilen des parenchymatischen Gewebes befindliche Epidermis kommt, sofern sie nicht auch vom Pythiummycelium durchzogen und ausgesogen wurde, aus der Continuität mit dem Parenchym, schrumpft zusammen und geht, da sie nicht mehr ernährt wird, unter Bräunung ihrer Zellwände gleichfalls durch Verwitterung oder Saprophyten zu Grunde. Sofern das Pythiummycelium von solchen Theilen des Parenchyms aus in die tieter gelegenen Bastelementen gelangte und von da bis in das zwischen Holz und Bast gelegene cambiale Gewebe vordrang, schrumpfen auch diese Gewebe nach erfolgter Aussaugung zusammen, so dass schliesslich Vertiefungen am hypocotylen Glied entstehen, die sich bis auf die wol niemals vom Pilz unmittelbar zerstört werdenden Holzelemente erstrecken und je nach der Richtung, in welcher der Endophyt sich verbreitete, in Form von Längsfurchen auftreten oder ringförmig oder auch spiralig um die Keimlingsachse verlaufen. Sind diese Vertiefungen namentlich an dem basalen Theile des hypocotylen Gliedes vorhanden, so vermögen die Camelinakeimlinge ihre aufrechte Stellung nicht länger zu behaupten, ihr hypocotyles Glied neigt sich mehr und mehr der Bodenfläche zu und berührt sie schliesslich. —

Was bei der Aussaugung des parenchymatischen Gewebes des hypocotylen Gliedes und überhaupt der von Pythium de Baryanum befallenen Gewebstheile der Camelinakeimlinge für chemische Umsetzungen mit dem Inhalt der einzelnen Gewebselemente vorgehen d. h. welche Stoffe aus dem Zellinhalt und in welcher Form dieselben von Pythium de Baryanum aufgenommen und verbraucht werden,

darüber können keine bestimmten Angaben gemacht werden, wie man ja zur Zeit überhaupt über die pathologischen Veränderungen chemischer Natur, welche Endophyten an und in den befallenen Theilen ihrer Nährpflanzen verursachen, keine genaue Kenntniss hat. Man beschäftigt sich in unseren Tagen viel mit der Eruirung der Vegetationsprozesse der Saprophyten und deren Wirkung auf das Substrat, möglich dass die erzielten Resultate dieser Untersuchungen bahnbrechend sind, für eine baldige klare Einsicht in den Ernährungsvorgang der Endophyten und überhaupt der Pflanzen bewohnenden Parasiten.

Wie nun jeder Endophyt nicht nur auf diejenigen Theile seiner Nährpflanze krankhaft einwirkt, in deren unmittelbaren Umgebung er sich befindet, sondern durch diese seine lokale Affection nothwendigerweise die ganze Nährpflanze mehr oder weniger stark in Mitleidenschaft zieht, so beschränkt sich auch der schädliche Einfluss von Pythium de Baryanum nicht nur auf die Gewebstheile der Camelinakeimlinge, in denen der Pilz verbreitet ist, sondern der endophytische Schmarotzer wirkt auch, indem er an jenen befallenen Stellen einen Theil der assilimirten organischen Substanz den Keimlingen entzieht; indem er dort, wo er die Epidermis der Keimlinge durchbohrt, die Transpiration alterirt, auf den Gesundheitszustand der ganzen Keimlinge schädlich ein und zwar um so schädlicher und verderblicher, je massiger er in den einzelnen befallenen Geweben und Organen sich verbreitet. Die massige Verbreitung des Pythium de Baryanum in den einzelnen Organen der Camelinakeimlinge ist aber abhängig einmal von den Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnissen, unter denen der Endophyt sich entwickelt und dann auch von dem Lebensalter, in welchem die Camlinakeimlinge sich befinden, wie es ja eine allgemeine Ertahrung ist, dass das Wachsthum, die Fructification und mit diesen die verderbliche Einwickung aller endophytischen Schmarotzer bedeutend gesteigert werden, wenn ihre

Mycelien in den Geweben jugendlicher Pflanzen verbreitet und wenn ausserdem Feuchtigkeit und Wärme gegeben sind. Befällt Pythium de Baryanum jugendliche Camelinakeimlinge und geschieht seine Entwickelung in einer feuchten, warmen Atmosphäre, so ist sein Effect auf den Gesundheitszustand, auf das Allgemeinbefinden dieser Gewächse ein ganz anderer, als wenn der Endophyt solche Camelinakeimlinge befällt, die in einem mehr vorgerückten Lebensalter stehen und in einer relativ kalten und trocknen Atmosphäre sich befinden. Während erstere dem vollständigen Untergange preisgegeben oder doch höchstens einer kärglichen, kümmerlichen Fortexistenz fähig sind, können letztere trotz des ihnen innewohnenden Pythium ihren ganzen Kreislauf bis zur Samenbildung vollenden. Es muss darum eine detaillirte Beschreibung der pathologischen Veränderungen, welche Pythium de Baryanum an den Camelinakeimlingen hervorrft, nothwendigerweise auch die jeweiligen Bedingungen berücksichtigen, unter denen dieser Schmarotzer die Camelinakeimlinge befällt und unter denen er innerhalb derselben vegetirt.

Vorausgesetzt, dass Pythium de Baryanum Camelinakeimlinge in den ersten Stadien ihrer Entwickelung befällt, wo sie noch einer bedeutenden Streckung des hypocotylen Gliedes fähig sind, und dass ferner anhaltend viel Feuchtigkeit und hohe Wärmegrade gegeben sind, so verbreitet sich sein Mycelium in der Epidermis, dem Rindengewebe der Wurzel, in der Epidermis und dem Rindengewebe des hypocotylen Gliedes, in der Epidermis und dem parenchymatischen Gewebe der Cotyledonen, kurz in allen Geweben und Organen dieser Keimlinge mit Ausnahme der Holzelemente ihrer Fibrovasalstränge, die wol immer vom Pilz unversehrt bleiben und bewirkt eine allmählige Aussaugung dieser Gewebe und mit dieser den Untergang, den Tod der Keimlinge.

Befällt Pythium de Baryanum Camelinakeim-

linge, welche in einem jugendlichen Lebensalter stehen aber in keinem constant feuchten Boden oder in keiner anhaltend wasserdunstreichen Atmosphäre vegetiren, so hat seine Einwirkung in den allermeisten Fällen zwar auch den Untergang, den Tod der Keimlinge zur Folge, aber niemals werden sämmtliche Gewebstheile der Keimlinge bis auf die Holzelemente vom Pilz unmittelbar zerstört. Wenn beispielsweise 3—7 Tage alte Camelinakeimlinge, die unter ganz normalen, ihrem Gedeihen am besten zusagenden Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnissen in Gartenerde gezogen sind, von Pythium de Baryanum an der Wurzel befallen werden, so verbreitet sich das Mycelium des Pilzes wol massig an vielen Stellen innerhalb der Wurzel und namentlich des hypocotylen Gliedes der Keimlinge, meist bis auf die Holzelemente der Fibrovasalstränge vordringend, aber niemals durchzieht es alle Gewebstheile der Keimlinge, es schickt sich vielmehr bald zur Fructification an, die ein Aufhören des Längenwachsthums der Hyphentheile des Myceliums und somit auch einen Stillstand in der weiteren Verbreitung des Pilzes innerhalb der Camelinakeimlinge bedingt. So bleiben fast immer die Cotyledonen und das unter denselben unmittelbar gelegene Stück des hypocotylen Gliedes vom Pilz ganz und gar verschont.

Aber nicht in jedem Falle gehen die unter solchen Verhältnissen von Pythium de Baryanum befallenen Camelinakeimlinge zu Grunde, nämlich dann nicht, wenn das Mycelium des Endophyten die Bastregion und die darunter befindlichen Gewebstheile des hypocotylen Gliedes der Keimlinge verschont. Es kommt nämlich ab und zu vor, dass unter den gemachten Voraussetzungen das Mycelium des Pilzes rasch aufsteigend aus dem Rindengewebe der Wurzel innerhalb des Parenchyms und der Epidermis des hypocotylen Gliedes der Camelinapflänzchen gelangt und daselbst grosse Dimensionen in seiner Verbreitung annimmt, so dass hie und da bis zu einem Centimeter lange Epidermis-

streifen und Theile des parenchymatischen Gewebes rings um die Stammachse zerstört werden, dann aber sich zur Fructification anschickt, noch ehe es in den dem Parenchym angrenzenden Bast und in die unter dem Bast befindlichen Gewebe der Keimlinge vordrang. Derartig befallene Keimlinge können sich weiter entwickeln und vermögen bis zur Blüthen- und Fruchtbildung zu gelangen, nämlich durch die Thätigkeit des zwischen Bast- und Holzkörper befindlichen cambialen Gewebes. Indem der Bast und somit auch das Cambium von dem Eudophyten unangetastet geblieben, fügt letzteres neue Bast- und Holzelemente in der gewöhnlichen Weise zu und während an den vom Pilz heimgesuchten Stellen die Epidermis und das Rindengewebe der Keimlinge allmählig bis auf braungefärbte Membranreste schwindet, treten die verdickten Bastelemente frei zu Tage und bilden wie sonst wol nach localen durch Insecten hervorgerufenen Pflanzenverletzungen das entstehende Korkgewebe eine gegen äussere schädliche Einflüsse schützende Hülle für die unter ihnen befindlichen Elemente, in denen alle die Functionen ungestört vollzogen werden, welche für eine weitere Entwickelung der Keimlinge erforderlich sind. Wenn später von dem Grade der Verheerung die Rede sein wird, welchen nach angestellten Versuchen Pythium de Baryanum unter bestimmten Verhältnissen auf eine bestimmte Anzahl von Camelina- und anderen Keimlingen anzurichten vermag, werden auch solche Pflänzchen mit aufgezählt werden, welche lediglich durch die Thäeigkeit ihres cambialen Gewebes vor dem Untergange durch Pythium de Baryanum geschützt blieben.

Befällt Pythium de Baryanum endlich Camelinakeimlinge, welche in einem schon etwas vorgerückten Lebensalter, in einem Entwickelungsstadio sich befinden, wo etwa die Streckung des hypocotylen Gliedes soeben beendet ist, so beschränkt sich seine Vegetation, selbst wenn anhaltende Feuchtigkeit und hohe Wärmegrade vor-

handen, auf nur wenige oder vielleicht nur auf eine einzige kleine Stelle der Keimlinge, so werden durch den Eudophyten etliche Zellen der Epidermis — und vielleicht noch hier und dort ein kleiner Theil der äusseren Rindenschicht an der Wurzel oder am hypocotylen Glied der Keimlinge — ausgesogen und zerstört, deren Untergang für das Allgemeinbefinden solcher Gewächse von nur ganz untergeordneter Bedeutung ist. Man sieht an solchen Camelinakeimlingen dort, wo sie befallen wurden, kleine Läsionen in Form ovaler Löcher oder seichter Längsfurchen auftreten, die in ihrem Umfange braungefärbt erscheinen. Die Keimlinge vegetiren kräftig fort und volleneen trotz dieser Läsionen den ganzen Kreislauf ihrer Entwickelung bis zur Samenbildung.

So verschieden nun auch der endophytische Schmarotzer je nach den Bedingungen, unter denen er die Camelinakeime befällt und unter denen er innerhalb derselben vegetirt, auf den Gesundheitszustand, auf das Allgemeinbefinden der Keimlinge einwirkt, so hat doch in allen Fällen seine Einwirkung, wie gezeigt wurde, ein Schwinden von Gewebselementen zur Folge. Durch dieses Verschwinden von Gewebselementen entstehen Verschmälerungen oder Vertiefungen in Form von Längsfurchen, ovalen Löchern etc. an den Keimlingen, durch welche sich schon für das unbewaffnete Auge die Gegenwart von Pythium de Baryanum zu erkennen giebt. In der That ist das Erscheinen jener ringförmigen, in ihrem Umfange braungefärbten Vertiefungen oder lang ausgezogenen Furchen am hypocotylen Glied oder auch an dem oberen Theile der Wurzel der Camelinakeimlinge das beste und untrüglichste Symptom der durch Pythium de Baryanum hervorgerufenen specifischen Krankheit. (Fig. 29.) Nächst diesen nach und nach entstehenden, in ihrem Umfange braun gefärbten Vertiefungen am hypocotylen Glied oder an dem oberen Theile der Wurzel der Camelinakeimlinge liefert auch das allmählige aber

vollständige Verschwinden des Chlorophylls aus den parenchymatischen Gewebstheilen der Keimlinge ein nicht zu unterschätzendes Symptom dieser durch Pythium bewirkten Krankheit und endlich ist auch noch die allmählige Neigung des hypocotylen Gliedes gegen die Bodenfläche ein Merkmal, welches in Verbindung mit den soeben angeführten Symptomen einen Rückschluss auf das Vorhandensein des Endophyten gestattet, freilich tritt letzteres nur bei sehr rapider Verbreitung und Einwirkung des Parasiten an den Camelinakeimlingen hervor.

Wie jede pflanzliche Parasitenkrankheit so ist auch die durch Pythium de Baryanum an der Camelina sativa hervorgerufene eine ansteckende Krankheit. Die Ansteckung geschieht durch die sich vermehrenden Keime des Endophyten, also durch die Schwärmsporen, Oosporen und Conidien, welche unter gewissen Bedingungen mit ihren getriebenen Keimschläuchen in gesunde Individuen der Camelina sativa und auch anderer gleich anzuführenden Pflanzenspecies eindringen aber auch durch das im feuchten Substrat verbreitete Mycelium selbst. Die Ansteckung ist im Allgemeinen eine um so schnellere und vollständigere, je rascher erstens die Entwickelung des Endophyten vor sich geht, je mehr zweitens die Keime dieser Pilzspecies nicht in Ein sondern in viele Organe und Gewebe der Nährpflanzen eindringen und je dichter endlich die dem Endophyten als Nährstätte dienenden Pflanzenindividuen bei einander stehen. Die in Folge der Ansteckungsfähigkeit des Endophyten unter einem Bestand von Camelinakeimlingen angerichtete Verheerung ist unter Umständen eine bedeutende. Da aber dieselbe nicht nur für die Camelina sativa, sondern zugleich auch für alle diejenigen Kulturpflanzen, welche Pythium de Baryanum nach den bis jetzt angestellten Beobachtungen befällt, durch Versuche erprobt und festgestellt ist, so soll von ihr erst dann geredet werden, wenn sämmt-

liche von dem Parasiten heimgesuchten Kulturpflanzen namhaft aufgezählt worden sind, was im Folgenden geschehen wird.

V. Aufzählung derjenigen Kulturpflanzen, welche Pythium de Baryanum nach den angestellten Versuchen und Beobachtungen in gleicher Weise wie die Camelina sativa befällt.

Pythium de Baryanum sucht nicht allein die Camelina sativa schmarotzend heim, sondern auch eine nicht unbeträchtliche Anzahl andere in den ersten Stadien ihrer Entwickelung befindliche Pflanzenspecies unter den Phanerogamen. Es ist sein Parasitismus allerdings erst, wie gleich mitgetheilt werden soll, ausser für Camelina sativa nur noch für einige wenige Species unter den Phanerogamen nachgewiesen, aber da dieselben verschiedenen Familien angehören, so darf man a priori den Schluss machen, dass ausser den ermittelten noch andere Species unter den Phanerogamen existiren werden, welche dem Eudophyten als Wohn- und Nährstätte dienen. Dass uuter den höheren Kryptogamen Pflanzenindividuen vorhanden sind, welche Pythium de Baryanum befällt, möchte ich aus dem Grunde bezweifeln, weil die höheren Kryptogamen von endophytischen Schmarotzern überhaupt, soweit unsere Kenntniss reicht, ungemein selten heimgesucht zu werden pflegen. Auch glaube ich nicht, dass Pythium de Baryanum Species aus der Algengruppe heimsucht, wenigstens werden, wie ich mit ganzer Bestimmtheit behaupten kann, die Spirogyren unter den Algen von diesem Eudophyten nicht befallen. Da es einige Species der Gattung Pythium giebt, welche Spirogyren parasitisch bewohnen, z. B. Pythium endophytum Pr. und Pythium reptans dBy., so lag die Vermuthung nahe, dass vielleicht auch Pythium de Baryanum auf Spirogyren leben könnte. Aber folgender auf Grund dieser Vermuthung angestellter Versuch hat in seinem Resultat ein für allemal das Unver-

mögen von Pythium de Baryanum festgestellt, in oder aut Algenspecies der Gattung „Spirogyra“ zu vegetiren. Im kräftigen Wachsthum begriffene Fäden verschiedener Spirogyrenspecies (Spirogyra longata, nitida etc.) wurden theils in mit Wasser angefüllte Gefässe, theils in die Wassertropfen einiger Objectträger befördert und zu denselben Pythium behaftete Camelinakeimlinge gebracht. Mycelienfäden von Pythium de Baryanum traten nach Verlaut einiger Stunden aus den Keimlingen in das dieselben umgebende Wasser und verbreiteten sich in ganz colossaler Weise zwischen den einzelnen Fäden der Spirogyrenspecies, vermochten aber nicht die leiseste Spur einer **Einwirkung** auf dieselben auszuüben. Das in den Wasserbehältern befindliche, aus den Camelinakeimlingen ausgetretene Pythiummycelium bildete seine sämmtlichen Reproductionsorgane, also auch Schwärmsporen aus, aber auch letztere vermochten mit ihren getriebenen Keimschläuchen nicht in die Algentäden einzudringen, die Spirogyren vegetirten kräftig fort und liessen kein Sympton einer Erkrankung wahrnehmen.

Die Pflanzen nun unter den Phanerogamen, welche ausser der Camelina sativa nach meinen bis jetzt angestellten Beobachtungen von Pythium de Baryanum befallen werden, sind folgende:

„Trifolium repens,“
„Spergula arvensis,“
„Panicum miliaceum“ und
„Zea Mays.“

Wie auf der ersten Seite dieser Abhandlung mitgetheilt wurde, waren am 28. Mai 1872 ausser den Samen der Camelina sativa noch Samen zahlreicher, anderer Kulturpflanzen in die dem botanischen Garten zu Strassburg entnommenen Erde ausgelegt worden. Als die aus diesen Samen zu Tage gstretenen Keimlinge sechs Tage alt waren, konnte man an ihnen kein Symptom einer Erkrankung wahrnehmen, aber nachdem in den im gleichen Alter stehenden Camelinakeimlingen ein Pilzmycelium nachgewiesen und dadurch der

Verdacht rege gemacht war, dass unter der grossen Anzahl gezogener Kulturgewächse vielleicht noch ein oder der andere Keimling mit diesem Pilzmycelium behaftet sein könnte, gelang es einer gründlicheren Nachforschung noch an dem nämlichen Tage, an welchem in der Camelina sativa das Mycelium angetroffen war, in zahlreichen Keimlingen von Spérgula arvensis, zwei Tage später in den Keimlingen von Trifolium repens und vier Tage später also am zehnten Tage nach der Aussaat der Samen in den Keimlingen von Zea Mays und Panicum miliaceum ein Mycelium ausfindig zu machen, das, durch die bekannten Manipulationen zu einer weiteren Entwickelung veranlasst, als ganz identisch mit dem in den Camelinakeimlingen vorgefundenen Pythiummycelium erkannt wurde.

Das in den Keimlingen der soeben genannten vier Kulturpflanzen angetroffene Pythiummycelium entwickelt und verbreitet sich, wie ausgedehnte Untersuchungen ergeben haben, im Innern der Gewebe derselben ganz so wie in den Geweben der Camelinakeimlinge. Auch bei ihnen ist es namentlich das parenchymatische Gewebe des hypocotylen Gliedes, wo das Pythiummycelium seine ausgedehnteste Verbreitungsstätte findet und wo es hauptsächlich die Fructificationsorgane erzeugt. Die nämlichen pathologischen Veränderungen, welche die Camelinakeimlinge durch Pythium de Baryanum erfahren, ruft der Eudophyt auch an den Keimlingen dieser Kulturpflanzen hervor und es erscheint daher vollkommen überflüssig über diese Verhältnisse noch Weiteres zu berichten, es genügt auf das bei der Camelina sativa ausführlich Mitgetheilte zu verweisen. Nur bezüglich der Verbreitung des Pythiummyceliums innerhalb der Keimlinge von Zea Mays und Panicum Miliaceum muss besonders hervorgehoben werden, dass dieselbe, selbst wenn alle Bedingungen einer kräftigen Entwickelung für den Eudophyten obwalten, doch niemals eine so grosse Ausdehnung gewinnt, wie man sie sonst bei den von Pythium befallenen Keimlingen der übrigen Kulturgewächse unter

solchen Bedingungen beobachtet. Es scheint, als ob die Nahrung, welche dem Eudophyten in den Geweben der Keimlinge dieser beiden Gramineenspecies geboten wird, ihm nicht so zusagte, wie die, welche er in den anderen von ihm bewohnten Kulturpflanzen vorfindet.

Alle übrigen mit Ausnahme von Camelina sativa, Spergula arvensis, Trifolium repens, Zea Mays und Panicum miliaceum in jener Gartenerde unter denselben Vegetationsbedingungen erwachsenen Kulturpflanzen liessen bis zu ihrer vollendeten Samenbildung resp. bis zu einem späten Entwickelungsstadio keine Spur einer Erkrankung durch Pythium de Baryanum erkennen. Daraus den Schluss ziehen zu wollen, dass Pythium de Baryanum nicht fähig sei, auf diese Kulturpflanzen eine krankhafte Einwirkung auszuüben, wäre unlogisch, weil möglicherweise in den Portionen der Gartenerde, wo diese Pflanzen sich befanden, gar kein Mycelium von Pythium de Baryanum oder keimungsfähige Reproductionsorganen dieser Pilzspecies vorhanden gewesen waren. Wenn ich darum die Behauptung ausspreche, dass Pythium de Baryanum unter keinen Umständen eine Einwirkung auf jene Kulturgewächse auszuüben vermag, so stützt sich diese nicht auf die Thatsache, dass bei der ersten Kultur kein einziges dieser Gewächse von Pythium de Baryanum heimgesucht worden war, sondern lediglich auf das Resultat ausgedehnter Infectionsversuche, welche mit Pythium de Baryanum und den durch neue Aussaaten gewonnenen Keimlingen jener gleich zu nennenden Kulturgewächse angestellt wurden. Ich unterzog mich diesen viel Zeit in Anspruch nehmenden Infectionsversuchen hauptsächlich deshalb, weil es für die Landwirthschaft aus naheliegenden Gründen von grossem Interesse sein muss, neben denjenigen Kulturpflanzen, welche Pythium de Baryanum erfahrungsgemäss befällt, auch solche kennen zu lernen, die von diesem Pilz unter allen Umständen verschont bleiben. Die Namen der Kulturpflanzen, denen gegenüber sich Pythium de Baryanum nach meinen Infectionsversuchen vollständig indifferent verhält, sind folgende:

1) Solanum tuberosum aus der Familie der Solanaceen,
2) Linum usitatissimum aus der Familie der Linaceen,
3) Papaver somniferum aus der Familie der Papaveraceen,
4) Brassica Napus aus der Familie der Cruciferen,
5) Ornithopus sativus,
6) Onobrychis sativa,
7) Anthyllis vulneraria,
8) Pisum sativum, } Papilionaceen,
9) Hordeum vulgare,
10) Avena sativa,
11) Triticum vulgare, (Sommerweizen) } Gramineen.

Obgleich der Endophyt die Keimlinge zweier Species aus der Familie der Gramineen, nämlich die von Zea Mays und Panicum miliaceum, wie bereits bekannt, befällt, vermag er, wie aus der Reihe der soeben angeführten Pflanzen ersichtlich ist, auf die letzten drei gleichfalls den Gramineen angehörenden Species ganz und gar keine Einwirkung auszuüben und während, wie gleichfalls schon bekannt, Pythium in den Geweben von Trifolium repens, einer Species aus der Familie der Papilionaceen, sich massig anzusiedeln vermag, kann der Schmarotzer, den vier unter Nr. 5 —8 incl. aufgezählten Papilionaceenspecies nicht den geringsten Schaden zufügen. Ebensowenig wird Brassica Napus (Nr. 4) eine Cruciferenzpecies von dem Endophyten befallen, während doch Camelina sativa eine so geeignete Wohnstätte für den Parasiten gewesen war. Man sieht hieraus, wie das Verhalten des Pilzes bezüglich der Auswahl seiner Nährpflanzen ein sehr eigenthümliches ist. Er befällt Individuen aus den verschiedensten, in der natürlichen Verwandschaft sehr weit von einander stehenden Pflanzenfamilien und vermag andererseits nicht auf Pflanzenspecies fortzukommen,

die zu denjenigen, welche er parasitisch bewohnt, in nächster verwandtschaftlicher Beziehung stehen.

Unter denjenigen Kulturpflanzen nun, welche der Endophyt nach meinen angestellten Beobachtungen befällt, vermag er in Folge seiner Ansteckungsfähigkeit unter Umständen grosse Verheerungen anzurichten. Dies hatten schon die einzelnen Bestände derjenigen Keimlinge von Camelina sativa, Spergula arvensis, Trifolium repens, Zea Mays und Panicum miliaceum gezeigt, welche durch die erste Aussaat in den mit Gartenerde angefüllten Blumentöpfen gewonnen waren und in denen zuerst das Mycelium des endophytischen Schmarotzers überhaupt angetroffen worden war. Da aber bei dieser ersten Kultur die entsprossenen und die vom Pilz zerstörten Keimlinge jedes einzelnen Bestandes nicht genau gezählt, noch auch die Feuchtigkeits- und andere Verhältnisse, unter denen der Schmarotzer sich entwickelte, mit der nöthigen Genauigkeit in's Auge gefasst waren, so konnte dieselbe nicht geeignet sein, ein einigermassen sicheres Urtheil über den Grad der Verheerung abzugeben, welchen der Endophyt zur Folge seiner Ansteckungsfähigheit unter bestimmten Verhältnissen auf eine bestimmte Anzahl von Nährpflanzen auszuüben vermag. Dieses Urtheil wurde erst durch folgende Versuche gewonnen, die sämmtlich in den Monaten Juni und Juli, also in einer durchschnittlich warmen Jahreszeit, angestellt wurden.

Versuch I, angestellt mit Camelina sativa. Auf einem mit angefeuchtetem Fliesspapier überdeckten Teller wurden am 6. Juni bei durchschnittlich 1 Centimeter Entfernung 100 Samenkörner von Camelina sativa ausgelegt und über dieselben eine Glasglocke gestülpt. Nachdem das Radikularende und die Cotyledonen soeben aus jedem der Samen zu Tage getreten waren, wurde die Glasglocke auf einen Moment entfernt und auf die Wurzeln zweier nahezu in der Mediane des Tellers gelegenen Pflänzchen der Camelina sativa ein Stück des hypocotylen Gliedes eines in Gartenerde erwachsenen und daselbst von Pythium befallenen

Keimlings der nämlichen Species gelegt, um diese beiden Camelinakeimlinge durch Pythiummycelium zu inficiren. Einige wenige Tropfen Wasser wurden an diejenige Stelle, wo das pythiumbehaftete Keimlingstück beide gesunde Pflänzchen berührte, gebracht und die Glasglocke wiederum über die Versuchsobjecte gestülpt. Schon am nächsten Tage dieser Operation sah man deutlich, dass die Infection der beiden Camelinakeimlinge erfolgt war. Während das Fliesspapier durch häufige Anfeuchtung mit Wasser vor dem Austrocknen geschützt blieb, verbreitete sich nun der Parasit resp. das Pythiummycelium von den beiden in der Mediane des Tellers gelegenen, inficirten Camelinakeimlinge aus mit ziemlicher Geschwindigkeit nach allen Richtungen, auf seinem Wege überall in gesunde Camelinakeimlinge eindringend und Spuren der verderblichen Einwirkung hinterlassend, so dass schon am fünften Tage nach Hinzubringung des Pythiummyceliums die am Rande des Tellers. befindlichen Camelinakeimlinge deutliche Symptome einer Erkrankung durch Pythium erkennen liessen. Dabei war es interessant zu beobachten, wie der Parasit, seinen streng endophytischen Charakter verleugnend, die unter der Glasglocke befindlichen Camelinakeimlinge spinnewebeartig umspann. Mit unbewaffnetem Auge sah man auf das Deutlichste, wie sich farblose Mycelienstränge von dem einen nach dem benachbarten Keimling hinüberzogen, eine Eigenthümlichkeit, die man an dem Parasiten nur dann beobachtet, wenn er Keimlinge bewohnt, die in einer sehr wasserdunstreichen Atmosphäre vegetiren. Beiläufig gesagt, liess diese Eigenthümlichkeit so recht die Pilznatur dieser Saprolegnienspecies erkennen. Am siebenten Tage nach Hinzubringung des Pythiummyceliums waren sämmtliche Camelinakeimlinge derartig durch Pythium erkrankt, dass sie eines ferneren Wachsthums nicht fähig waren. Ihr Untergang unter der Glasglocke wurde beschleunigt durch die auf ihnen oder ihren Resten sich ansammelnden Saprophyten, wie durch Species der Gattungen Fusisporium, Trichothecium etc., auch Didy-

mium Libertianum hatte sich schliesslich massenhaft eingefunden.

Dieser Versuch hatte nicht nur die Ansteckungsfühigkeit des Schmarotzers auf das eklatanteste klar gelegt, sondern er hatte auch gezeigt, dass Pythium de Baryanum in Folge der Ansteckungsfähigkeit einen ganzen Bestand jugendlicher Camelinakeimlinge vernichtet, wenn die für die Entwickelung des Schmarotzers günstigen Bedingungen, anhaltend viel Feuchtigkeit und Wärme gegeben sind und wenn ausserdem die gegenseitige Entfernung der einzelnen den Bestand ausmachenden Camelinakeimlinge keine sehr grosse ist.

Versuch II, angestellt mit Camelina sativa. Am 16. Juni wurden in etwas angefeuchtete Gartenerde eines Blumentopfes 100 Samenkörner der Camelina sativa in eine Tiefe von 2 Centimeter und in eine gegenseitige Entfernung von 1 Centimeter ausgelegt. Die in der Folge constant feucht erhaltene Gartenerde war bei diesem sowie dei allen folgenden Versuchen demselben Erdhaufen entnommen, der schon das Bodenmaterial für die erste Aussaat im Monat Mai geliefert hatte und der in dem Verdacht stand, Mycelium von Pythium de Baryanum oder keimungsfähige Reproductionsorgane dieser Pilzspecies zu enthalten. In der That bedurfte es weder bei diesem noch bei den folgenden Versuchen mit Ausnahme des Versuchs VII einer künstlichen Infection des Pythium de Baryanum, einer oder einige wenige der aus den ausgelegten Samen erwachsenen Keimlinge nahmen den in der Gartenerde befindlichen Schmarotzer in sich auf und von diesen befallenen Keimlingen aus verbreitete sich der Endophyt, wie gezeigt werden wird, über benachbarte Keimlinge resp. über den ganzen Keimlingsbestand.

Aus den 100 ausgelegten Camelinasamen des Versuchs II entsprossen nach Verlauf einiger Tage 98 Keimlinge, welche bis zum 20. Juni nicht die leiseste Spur einer Erkrankung wenigstens nicht mit unbewaffnetem Auge erkennen liessen. Aber schon am 21. Juni zeigten sich sieben

dicht nebeneinander stehende Keimlinge durch Pythium de Baryanum erkrankt und von diesen aus verbreitete sich nun der Schmarotzer in Folge seiner Ansteckungsfähigkeit sehr schnell über den ganzen Keimlingsbestand. Am 22. Juni waren weitere 25, am 23. Juni weitere 36, am 24. Juni weitere 11, am 25. Juni weitere 12, in Summa 91 Keimlinge derartig erkrankt, dass sie sämmtlich noch ehe die Streckung ihres hypocotylen Gliedes vollendet war, zu Grunde gingen. Von den 98 gezogenen Keimlingen blieben somit nur sieben erhalten, dieselben waren keineswegs von Pythium de Baryanum ganz unberührt gelassen worden vielmehr verrieth die stellenweise Verschmälerung ihres hypocotylen Gliedes auf das deutlichste den Parasiten, aber ihre durch den Pilz erlittene Beschädigung war keine den Tod zur Folge habende, die sieben Pflänzchen gelangten durch die Thätigkeit des Cambiums zur Blüthen- und Fruchtbildung.

Versuch III, angestellt mit Camelina sativa. Am 6. Juli wurden wiederum 100 Samenkörner der Camelina sativa in etwas angefeuchtete und stets mässig feucht erhaltene, pythiumverdächtige Gartenerde eines Blumentopfes gebracht, in dieselbe Tiefe von 2 Centimeter, aber in eine gegenseitige Entfernung von 2 Centimeter. Die Samen kamen also eben so tief aber noch einmal so weit von einander als die des vorigen Versuchs zu liegen. Durch den Pilz, dessen Mycelium von der Gartenerde aus wol an mehr als an einer Stelle in den Keimlingsbestand gelangte, wurden von den 100 entsprossenen Keimlingen der Camelina sativa 65 gänzlich zerstört, 25 kamen zur Fruchtbildung, 10 entwickelten sich zu verkümmerten Pflänzchen, zeigten wol hie und da eine Blüthe, hatten aber durch den Pilz erheblich gelitten, nur die Thätigkeit des Cambiums hatte sie vor dem Untergange geschützt.

Die unter dem Keimlingsbestand des Versuchs III angerichtete Verwüstung des Endophyten war eine bedeutend geringere als die unter dem Keimlingsbestand des Versuchs II. Während bei Versuch II von 98 Camelinakeimlingen alle

bis auf sieben durch Pythium vernichtet wurden, gelangten bei Versuch III von 100 Camelinakeimlingen 35 zur Blüthen- und Fruchtbildung. Offenbar hatte bei Versuch III der grössere Abstand der einzelnen Keimlinge von einander dem Eudophyten die Ansteckung ganz bedeutend erschwert.

Versuch IV, angestellt mit Trifolium repens. 50 Samenkörner von Trifolium repens wurden am 20. Juni in einen mit pythiumverdächtiger Gartenerde angefüllten Blumentopf ausgelegt. Die Entfernung der Samen von einander betrug 1 Centimeter, die Tiefe gleichfalls 1 Centimeter. Während die Gartenerde stets mässig feucht gehalten wurde, entwickelten sich aus diesen Samen 47 Keimlinge, die bis zum 26. Juni keine Andeutung eines Krankseins offenbarten. Erst am 27. Juni war das erste Trifoliumpflänzchen durch Pythium de Baryanum erkrankt und von diesem aus griff der Parasit mit grosser Geschwindigkeit um sich, so dass binnen 3 Tagen in summa 30 Keimlinge gänzlich vernichtet und 8 erheblich beschädigt waren; nur die Thätigkeit des Cambiums schützte letztere vor dem Untergange. Die übrigen 9 Keimlinge hatten nur geringe Verletzungen durch den Endophyten erfahren, sie vegetirten kräftig fort und erwuchsen zu stattlichen Pflanzen.

Versuch V, angestellt mit Spergula arvensis. Auf ganz gleiche Weise wie beim vorigen Versuch wurden am 20. Juni 50 Samenkörner von Spergula arvensis in mässig feucht gehaltene, pythiumverdächtige Gartenerde ausgesäet, welche sämmtlich keimten. Die Anzahl der vom Pilz zerstörten Keimlinge betrug in summa 35, die übrigen hatten theils kleine Läsionen durch den Endophyten erlitten, theils waren sie vollständig unberührt von Pythium gelassen worden, sie entwickelten sich sämmtlich zu stattlichen Pflanzen.

Versuch VI, angestellt mit Panicum miliaceum. Von Panicum miliaceumsamen wurden 20 Körner in pythiumverdächtige, feuchte Gartenerde in eine Tiefe von $1^1/_2$ Cen-

timeter und in eine Entfernung von 3 Centimeter ausgelegt, von denen 18 sich als keimfähig erwiesen. Von den gezogenen 18 Keimpflänzchen gingen durch Pythium 4 zu Grunde, die Uebrigen zeigten sämmtlich kleine durch den Endophyten hervorgerufene Läsionen an ihrem hypocotylen Glied, vegetirten aber kräftig fort.

Versuch VII, angestellt mit Zea Mays. Am 3. Juli wurden unter eine Glasglocke auf angefeuchtetes und stets feucht gehaltenes Fliesspapier 6 Maiskörner in eine gegenseitige Entfernung von etwa 6 Centimeter ausgelegt und über dieselben eine Glasglocke gestülpt. Fünf von diesen Samen hatten nach acht Tagen ihr Radicularende und den Cotyledon aus der Samenschale getrieben, das sechste Samenkorn dagegen zeigte nur das Radicularende und wollte absolut den Cotyledon nicht hervortreten lassen. Um den Grund dieser mangelhaften, abnormen Keimung des Einen Maiskorns zu erfahren, wurde dasselbe durch einen Längsschnitt halbirt. Ich sah unterhalb der Samenschale in einem Theile des festen, gelblichen Endospermgewebes jeder Samenhälfte eine pulverige, braun-gelbliche Masse, die, wie die mikroscopische Untersuchung ergab, aus lauter kleinen Paqueten von je 8—10 Sporen bestand. Dieser Befund liess keinen Zweifel darüber, dass lediglich die Anwesenheit dieser Pilzsporen das Maiskorn an einer vollständigen Keimung gehindert hatte. Von den 5 normal gebildeten Maiskeimlingen wurde nun Einer mit Pythiummycelium inficirt, indem auf seine Wurzel ein Stück eines mit Pythium behafteten Camelinakeimlings bei Gegenwart einiger Tropfen Wassers gelegt wurde. Schon am folgenden Tage konnte man mit unbewaffnetem Auge durch Pythium hervorgerufene Verletzungen der Epidermis und des Rindengewebes an der Stelle der Maiswurzel erkennen, wo das Keimlingsstück der Camelina gelegen war und zwei Tage später hatte der Pilz bereits einen zweiten benachbarten Keimling an der Wurzel befallen. Beide befallene Maiskeimlinge entwickelten sich zwar weiter, bis die Reservestoffe im Endosperm ihres Sa-

mens aufgezehrt waren, aber sie hatten doch so erheblich durch den Schmarotzer gelitten, dass aus ihnen, wenn man sie in eine Nährstofflösung gebracht oder in Boden verpflanzt hätte, nur kümmerliche Maispflanzen hervorgegangen sein würden. Die 3 übrigen unter der Glasglocke befindlichen Maiskeimlinge waren durch ihre stark entwickelten Wurzeln in unmittelbare Nachbarschaft mit den beiden befallenen Keimlingen gekommen, sie zeigten aber keine Spur einer Beschädigung durch den Endophyten.

Obgleich bei diesem Versuch alle für die Entwickelung des Pilzes günstigen äusseren Bedingungen, anhaltende Feuchtigkeit etc. gegeben waren, so war doch der Grad seiner Einwirkung auf die fünf Maiskeimlinge ein geringer gegenüber demjenigen, den er auf die Camelina-, Trifolium- und Spergulakeimlinge geäussert hatte. Man hätte unter den gegebenen Verhältnissen erwartet, dass alle Keimlinge vom Schmarotzer befallen werden würden, und dass einer oder der andere von ihnen den Tod erleiden würde. Es lässt sich diese verhältnissmässig geringe Einwirkung des Parasiten nur dadurch erklären, dass die Zea Maiskeimlinge, wie schon an einer früheren Stelle hervorgehoben wurde, nicht diejenige Nahrung dem Parasiten bieten, welche er zu einer schnellen und freudigen Entwickelung bedarf. Dasselbe lässt sich auch von den Keimlingen von Panicum miliaceum behaupten (s. Versuch VII.)

Da die Gewächse, unter denen Pythium de Baryanum nach den Resultaten der soeben mitgetheilten Versuche unter Umständen so grossen Schaden anrichtet, sämmtlich in die Kategorie der allgemein angebauten Kulturpflanzen gehören, so gebietet es sich für die Landwirthe von selbst, diesen gefährlichen Schmarotzer überall da, wo er auftritt, mit allen nur zu Gebote stehenden Mitteln zu bekämpfen, um ihn so viel wie möglich unschädlich zu machen, oder aber denselben, sofern es angeht, ganz und gar von der Feldmark fern zu halten. Letzteres dürfte nun freilich mit denselben Schwierigkeiten verbunden sein, welche

sich bei dem Bestrebcn, pflanzliche Parasiten überhaupt in der Feldmark nicht auftreten zu lassen, dem Landwirth erfahrungsgemäss in den Weg stellen. Es ist ja so ziemlich allgemein bekannt, dass die Verbreitung zahlloser pflanzlicher Parasiten beispielsweise solcher, welche den Rost und Brand erzeugen, ganz besonders durch starken Luftzug vermittelt wird, dass es der Wind ist, welcher die Sporen solcher Pilze meilenweit über ganze Länderstriche dahin führt und an den verschiedensten Orten absetzt, aber ebenso ist es auch bekannt, dass man gegen die Verbreitung von Pilzsporen durch den Wind bisher kein probates Mittel in Anwendung zu bringen gewusst hat. Da nun derselben Luftströmung wie die Brand- und Rostsporen auch die Keime von Pythium de Baryanum ausgesetzt sind, welche allein oder mit zerstörten Gewebstheilen der Camelina-, Spergulakeimlinge etc. auf die Bodenoberfläche desjenigen Feldes gelangten, wo der Pilz gerade seine Wohnstätte genommen hatte, so ist keine Flur ganz sicher vor den Keimen dieses Schmarotzers befallen zu werden und so giebt es eben wenigstens in unseren Tagen für den Landwirth kein Mittel, seine Feldmark vor dem Auftreten der Pythiumkeime zu schützen. Um so mehr muss er darum bestrebt sein, den einmal anwesenden Pilz mit allen nur zu Gebote stehenden Mitteln zu bekämpfen, um denselben soviel wie möglich unschädlich zu machen. Einige solcher von dem Landwirth in manchen Fällen mit Erfolg gegen diesen Schmarotzer anzuwendenden Mittel und Massregeln sollen nun noch zum Schluss dieser Abhandlung aufgeführt werden.

Da Pythium de Baryanum ganz hauptsächlich den in den ersten Stadien der Entwickelung befindlichen Keimlingen von Camelina sativa, Spergula arvensis, Trifolium repens etc. den grössten Schaden zufügt, so muss der Landwirth ganz besonders in der Zeit, in welche die erste Entwickelung solcher Keimlinge fällt, ein aufmerksames Auge über seine Feldmark haben, um den Endophyten gleich bei seinem ersten Auftreten zu entdecken und ihn durch

rechtzeitige Entfernung und Zerstörung derjenigen jungen Keimlinge, in denen eben der Schmarotzer sich vorfindet, für die übrigen noch nicht befallenen Pflänzchen unschädlich zu machen. Und zwar ist es rathsam, sofern der Endophyt nur an einer kleinen oder an einigen wenigen kleinen Stellen solcher Keimlingsbestände auftrat, mit den befallenen Keimlingen resp. deren Resten zugleich diejenige Ackerkrume des Kulturfeldes bis zu einer mässigen Tiefe zu entfernen, in welche die befallenen Pflänzchen ihre Wurzeln getrieben hatten. Namentlich gebietet sich diese Vorsicht dann, wenn der Endophyt überhaupt zum ersten Male in einer Feldmark auftrat. Die von der Feldmark entfernte geringe Quantität Ackererde kann später nach voraufgegangenem, sorgfältigem Ausbrennen dem Composthaufen einverleibt werden. War aber die Anwesenheit des Schmarotzers auf einem Camelina-, Spergulafelde etc. anfänglich nicht bemerkt worden und hatte der Schmarotzer nach Eintritt einer feuchten Witterung starke Verheerungen angerichtet, so gebietet es sich für den Landwirth, nachdem mit Sorgfalt alle von Pythium befallenen Gewächse oder deren in Verwitterung begriffene Reste gesammelt und verbrannt waren, sofort an das Umpflügen des betreffenden Planstücks zu schreiten und in dem nämlichen sowie auch in den nächst kommenden Jahren, soweit es sich mit einer rationellen Fruchtfolge vereinbaren lässt, nur solche Kulturpflanzen auf dem umgeackerten Planstück anzubauen, die erfahrungsgemäss niemals von Pythium de Baryanum befallen werden. Was das für Kulturpflanzen sind kann der Landwirth zum Theil aus derjenigen Tabelle ersehen, welche am Schlusse des fünften Theiles dieser Abhandlung aufgestellt ist.

Da anhaltende Feuchtigkeit ganz besonders die Entwickelung des Parasiten befördert und seinen verderblichen Einfluss auf jugendliche Camelina-, Trifoliumbestände etc. bedeutend steigern kann, so muss der Landwirth schon bei der Aussaat der Samen solcher vom Pilz erfahrungsgemäss heimgesuchten Gewächse Sorge tragen, dass dieselbe nicht

in einen sehr feuchten sondern in einen gut aufgelockerten, durchlüfteten und abgetrockneten Acker erfolgt, namentlich muss er aber vermeiden, solche Böden mit Camelina sativa, Spergula arvensis etc. zu besäen, welche in feuchter Lage, in Tiefen und Mulden sich befinden, oder welche zu Folge ihrer physikalischen Beschaffenheit Feuchtigkeit anhaltend lange festzuhalten vermögen. Dass diese Massregel von Seiten des Landwirth's hauptsächlich erst dann Berücksichtigung verdient, wenn sich der Schmarotzer bereits schon einmal in der Feldmark oder deren Nachbarschaft gezeigt hatte, ist selbstverständlich. Endlich ist von dem Landwirth bei der Aussaat der Samen solcher erfahrungsgemäss von Pythium de Baryanum befallenen Gewächse der Umstand in's Auge zu fassen, dass die auszusäenden Samen, gleichgültig ob sie gedrillt oder breitwürfig gesäet werden, in eine möglichst weite Entfernung, d. h. in eine Entfernung von einander zu liegen kommen, die das Maximalmass erreicht, bis zu welchem erfahrungsgemäss derartige Samen mit Aussicht auf eine Vollernte noch ausgelegt werden können. Denn je weiter die später aus solchen Samen sich entwickelnden Keimlinge von einander stehen, um so schwieriger wird es für den Parasiten sein, seine Ansteckungsfähigkeit zur Geltung zu bringen und um so geringer wird mithin der Schaden sein, den der Schmarotzer verursacht.

Das scheinen mir die wenn auch nicht einzigen so doch die wichtigsten Massregeln zu sein, die der Landwirth bei Bekämpfung des Schmarotzers in's Auge zu fassen hat. Ihre Befolgung wird in vielen Fällen der Zerstörung und Ausbreitung des Parasiten einen wirksamen Damm entgegensetzen.

Soweit mir bekannt, ist Pythium de Baryanum als ein Feind von Camelina sativa, Spergula arvensis, Trifolium repens etc. von keinem Landwirth bisher erkannt und darum auch nicht gefürchtet worden, nichtsdestoweniger darf man aber wol annehmen, dass der Schmarotzer hie und da in jungen Keimlingsbeständen der betreffenden Pflanzenspecies

schon öfters verheerend aufgetreten ist, der Landwirth hat nur den erlittenen Schaden nicht der Anwesenheit des Pythium de Baryanum, sondern einem anderen Umstande zugeschrieben. Wie weit diese Annahme berechtigt ist, bleibe dahingestellt. Gewiss ist, dass, wie aus dieser Abhandlung hervorgeht, der endophytische Schmarotzer unter Umständen ein sehr gefährlicher Feind für die Camelina-, Spergulafelder etc. werden, dass er den ganzen Ernteertrag eines Theiles der Feldmark in Frage stellen kann. Es verdient darum Pythium de Baryanum zweifellos alle Beachtung von Seiten der Landwirthe. Möchte durch diese Abhandlung der gefährliche Schmarotzer in denjenigen Kreisen der Landwirthschaft, in denen man Dank den vortrefflichen Arbeiten Tulasne's, de Bary's und Kühn's ein Verständniss für pflanzliche Parasiten und deren schadenbringenden Einfluss auf Kulturgewächse hat, sobald wie möglich bekannt werden, damit man auf sein etwaiges Auftreten vorbereitet und gerüstet ist.

Erklärung der Figuren.

Tafel I.

Sämmtliche Figuren der Taf. I. 200 mal vergrössert.

Fig. 1. Mycelium von Pythium de Baryanum.
A. A. Stammtheil.
B. B. Ein langer Seitenzweig.
C. C. Complexe von kurzen Seitenästen. Die Buchstaben a—d deuten die Reihenfolge der Entstehung der einzelnen Aeste eines solchen Complexes an.

Fig. 2. Ein Complex von kurzen Seitenästchen des Myceliums, jedes Aestchen an seinem Enee die knopfartige Anschwellung zeigend.
a--c die Entstehung der kugeligen Endzellen darstellend; bei x die zuerst entstehende Querwand, durch welche der Träger in ein Basalstück (d) und in eine die Anschwellung zeigende, wie gestielt aussehende Endzelle (e) getheilt wird. Bei f die zuletzt entstehende Querwand, durch welche sich die Anschwellung als kugelige Zelle von dem entleerten, protoplasmafreien Stück ihres Trägers sondert.

Fig. 3. Mehrere kugelige Zellen (a, a) am Ende von kurzen Seitenästchen des Myceliums.
x, d und f bezeichnen dasselbe, was in Fig. 2.

Fig. 4. Hyphenstück vom Stammtheil des Myceliums, bei o die Anschwellung zeigend; bei p die Auschwellung oben und unten durch je eine Querwand (w) als besondere Zelle (Glieder- oder Zwischenzelle) abgegrenzt.

Tafel II.

Figur 5. Vergrösserung 200mal. Eie kugelige Endzelle (A) die Ausstülpung a treibend, bei b die Ausstülpung etwas verlängert. cc zwei Zoosporangien mit dem characteristischen, in seinem Längewachsthum abgeschlossenen Fortsatz; die Membran der Zoosporangien noch unverdickt.

Fig. 6. Vergrösserung gegen 300 mal.
A. Ein Zoosporangium mit verdickter Membran; o der Primordialschlauch, m die weiche, farblose Gallerte,

welche das äusserste Ende des Fortsatzes des Zoosporangiums ausfüllt.

B. Dasselbe Zoosporangium in einem etwas späteren Entwickelungsstadio, kurz vor dem Austreten seines protoplasmatischen Inhaltes; die weiche Gallerte (n) füllt den Fortsatz bis zur Hälfte aus.

C. Dasselbe Zoosporangium, etwas älter. Ein Theil des protoplasmatischen Inhaltes des Zoosporangiums hat sich von der dem Fortsatz diametral gegenübergelegenen Wandstelle (w) zurückgezogen, während gleichzeltig ein anderer Theil in die Endpartie des Fortsatzes eingetreten ist und dessen stumpfes Ende zu einer anschwellenden Blase erweitert hat; bei p die zarte Wand dieser Blase, die sich in die innerste Umrisslinie der Kanalwand (k) fortsetzt.

D. Dasselbe Zoosporangium, noch etwas älter. Der protoplasmatische Inhalt des Zoosporangiums ist noch nicht völlig in die Blase gewandert.

Fig. 7. Vergrösserung gegen 300 mal. Ein Zoosporangium, dessen protoplasmatischer Inhalt vollständig in die Blase eingetreten ist und in derselben bereits Kugelgestalt angenommen hat; bei p die Wand der Blase, bei g die Protoplasmakugel in der Blase.

Fig. 8. Vergrösserung gegen 300 mal. Dasselbe Zoosporangium, etwas älter. Die Protaplasmakugel innerhalb der Blase hat sich in mehrere scharf hervortretende Portionen (a, a) getheilt. Dic Wand (p) der Blase noch erhalten.

Fig. 9. Vergrösserung gegen 300 mal. Blase mit Inhalt des nämlichen Zosporangiums, nur etwas älter. Die Protoplasmaportionen sind sehr scharf umschrieben; die Wand (p) der Blase noch erhalten, aber kurz vor ihrem Verschwinden gezeichnet.

Fig. 10. Vergrösserung gegen 300 mal. Drei Schwärmsporen. Jede von ihnen zeigt einen halbmondförmigen Fleck, von dessen äusserem Rande Eine fadenförmige Cilie (c) entspringt.

Fig. 11. Vergrösserung gegen 300 mal Die Schalen zweier entleertcn Zoosporangien.

Fig. 12. Vergrösseruug gegen 300 mal. Eine zur Ruhe gekommene, Kugelgestalt angenommen habende Schwärmspore (s) mit deutlich entwickelter Membran, die bei a' eine kurze Ausstülpung treibt; bei a'' hat sich diese Ausstülpung zu einem Keimschlauch verlängert.

Fig. 13. Vergrösserung gegen 400 mal. Eine kugelige Endzelle mit ihrem Träger, aus dessen basalem mit Protoplasma angefüllten Theile eine cylindrische Ausstülpung (a) hervorgetreten ist, welche gekrümmt gegen die kugelige Zelle hinwächst.

Fig. 14. Vergrösserung gegen 400 mal. Dieselbe kugelige Endzelle. Die cylindrische Ausstülpung des Trägers hat sich der Membran der kugeligen Endzelle innig angeschmiegt.

Fig. 15. Vergrösserung gegen 400 mal. Oogonium (o) mit dem Pollinodium (P), das Protoplasma des Oogoniums noch überall die Membran des Oogoniums berührend.

Fig. 16. Vergrösserung gegen 400 mal. Das Protoplasma des Oogoniums O hat sich zur Befruchtungskugel (k) contrahirt. Zwischen der Membran des Oogoniums und zwischen der Befruchtungskugel die dünne Zone wässeriger Flüssigkeit (z) sichtdar.

Fig. 17. Vergrösserung gegen 400 mal. Das Pollinodium (P) hat mit seinem Befruchtungsfortsatz (s) die Wand des Oogoniums durchbohrt. Bei f der helle Fleck der Befruchtungskugel (k) d. h. die Stelle, wo der Befruchtungsfortsatz des Pollinodiums die Befruchtungskugel später berührt.

Fig. 18. Vergrösserung gegen 400 mal. Der Befruchtungsfortsatz (s) des Pollinodiums (P) ist durch die dünne Zone wässeriger Flüssigkeit direct auf die Befruchtungskugel losgewachsen und hat dieselbe berührt. Die Befruchtungskugel zeigt sich mit einer deutlichen, noch ungeschichteten Membran umgeben. Der Inhalt des Pollinodiums (P) wird allmählig durchsichtiger.

Fig. 19 und 20. Vergrösserung gegen 400 mal. Fertig gebildete Oosporen, eine jede innerhalb der doppelt contourirten Membran (m) des Oogoniums (O) liegend. Die Membren der Oosporen zeigt sich in ein geschichtetes Epispor (x) und in ein einfaches Endospor (y) gesondert. Im protoplasmatischen Inhalt jeder Oospore die Vacuole v. Das Pollinodium (P) in Fig. 19 erscheint sehr durchsichtig.

Fig. 21. Vergrösserung 200 mal. Der protoplasmahaltige Träger der kugeligen Endzelle (E) beginnt bei α mässig anzuschwellen. Bei β hat die Anschwellung an Volumen bedeutend zugenommen und bei γ ist dieselbe durch eine Querwand (w) als selbständige Zelle abgegrenzt.

Fig. 22. Vergrösserung 200 mal. Der protoplasmaführende Träger der kugeligen Endzelle (E) hat in m eine seitliche

Ausstülpung getrieben, die in n und o an Volumen zugenommen hat und in p durch die Querwand w als selbständige Zelle abgegrenzt ist.

Fig. 23. Vergrösserung 200 mal. Einige vom Mycelium losgegelöste, isolirte Conidien.

Fig. 24. Vergrösserung 200 mal. Eine keimende Conidie; bei a die kurze Ausstülpung zeigend, die sich bei k zu einem Keimschlauch verlängert hat.

Fig. 25. Vergrösserung gegen 350 mal. Randstück der Wurzelepidermis eines jungen auf der Glasfläche des Objectträgers horizontal gelegenen Keimlings von Camelina sativa. w, w Wurzelhaare. m = Myceliumzweig von Pythium de Baryanum mit seinem angeschwollenen Ende (e) die Aussenwand einer Wurzeloberhautzelle (z) des Keimlings berührend.

Fig. 26. Vergrösserung gegen 350 mal. Der Myceliumzweig m hat mit seinem getriebenen Fortsatz (f) die Oberhautzelle (z) durchbohrt.

Fig. 27. Vergrösserung gegen 350 mal. Randstück der Epidermis des hypocotylen Gliedes eines jungen auf der Glasfläche des Objectträgers horizontal gelegenen Keimlings von Camelina sativa. s eine zur Ruhe gekommene, der Aussenwand der Oberhautzelle (z) fest ansitzende Schwärmspore von Pythium de Baryanum, bei e die sich krümmende Ausstülpung (Keimschlauch) treibend.

Fig. 28. Vergrösserung gegen 350 mal. Der Keimschlauch (e) der Schwärmspore (s) hat die Aussenwand der Oberhautzelle (z) durchbohrt.

Fig. 29. Etwas über natürliche Grösse. Zwei hypocotyle Glieder von Camelina sativakeimlingen durch Pythium de Baryanum hervorgerufene Beschädigung bei v, v zeigend.

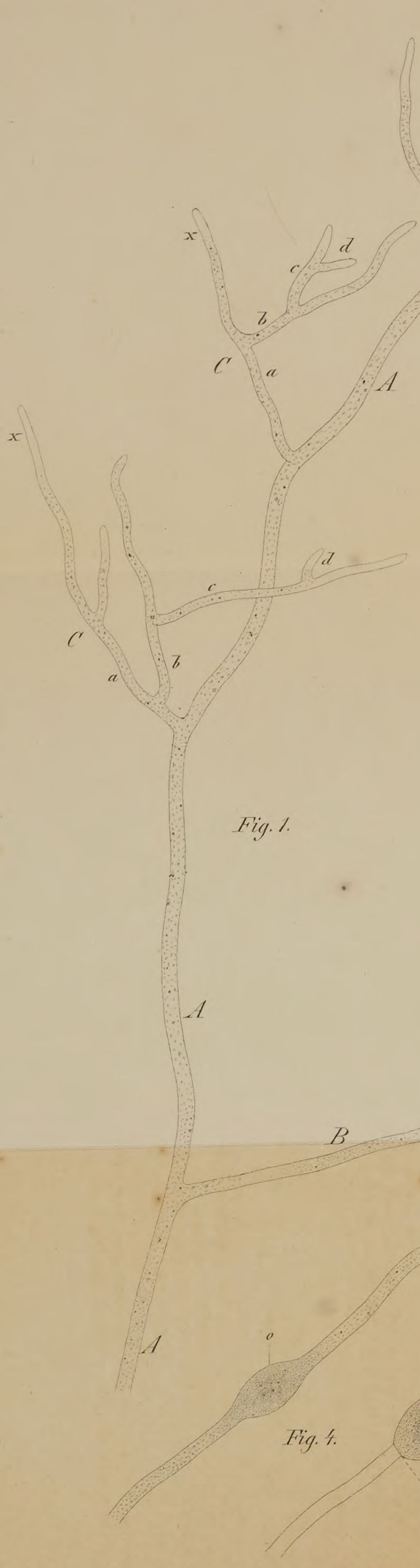


Fig. 1.

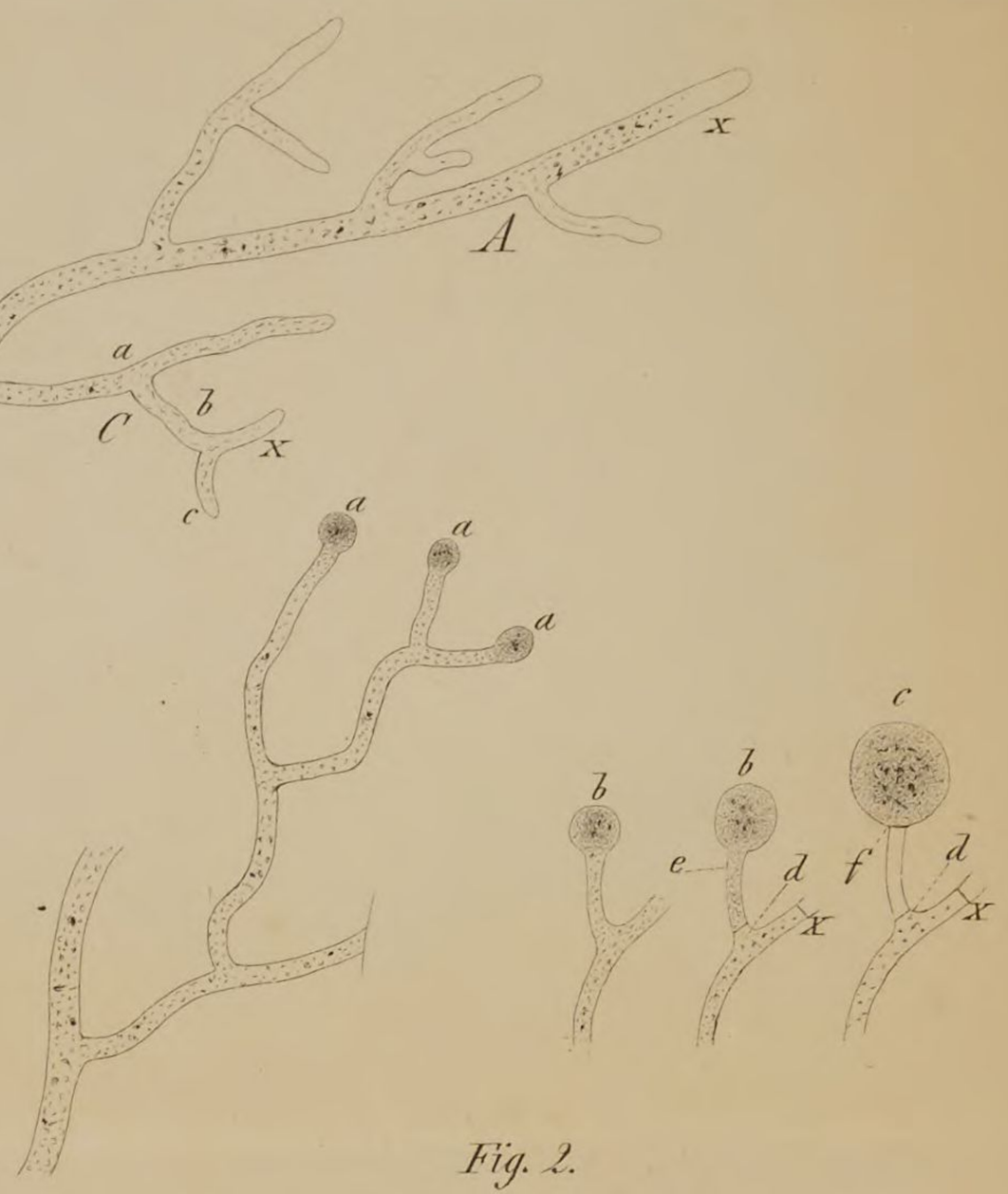


Fig. 2.

Fig. 3.

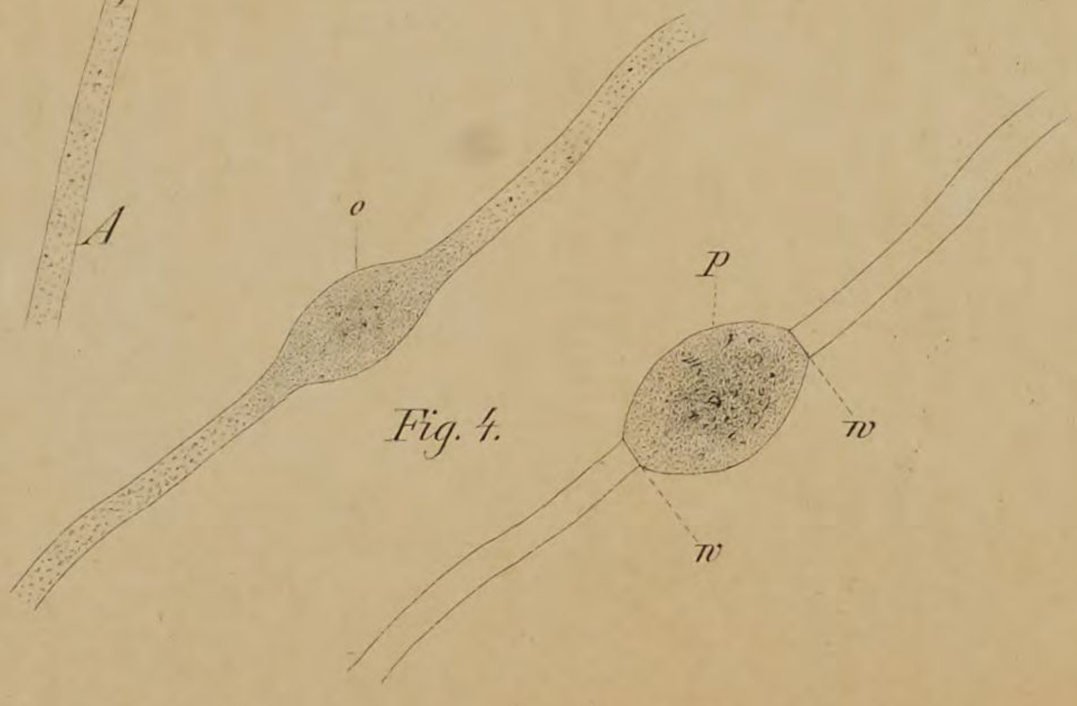


Fig. 4.

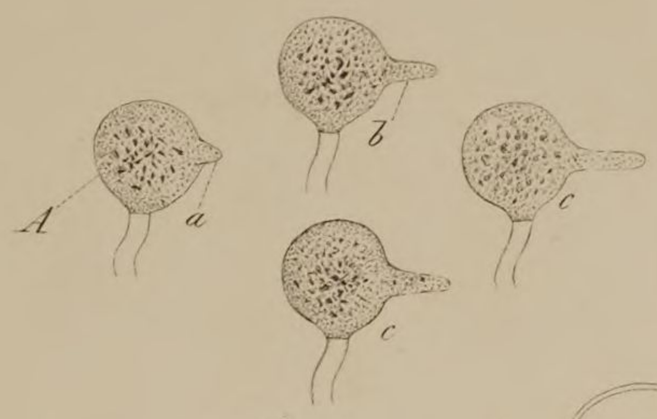


Fig. 5

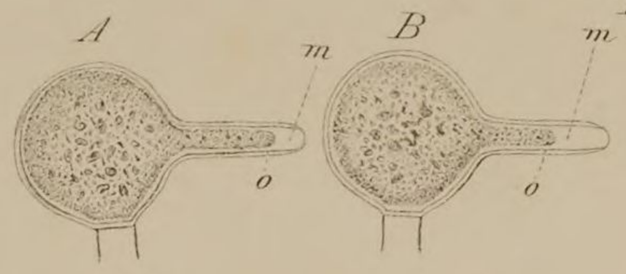
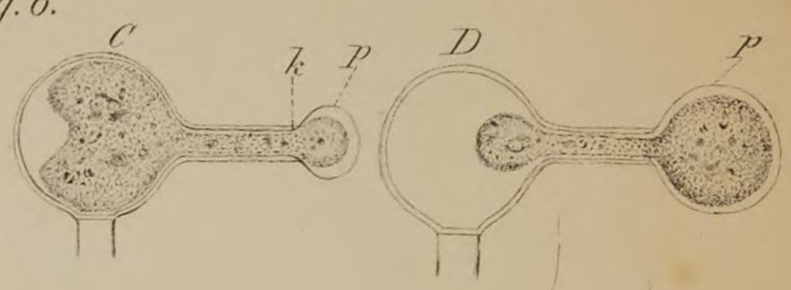


Fig. 6.



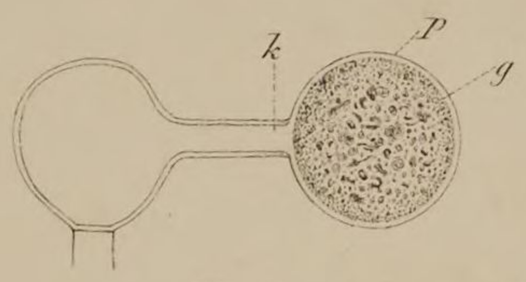


Fig. 7.

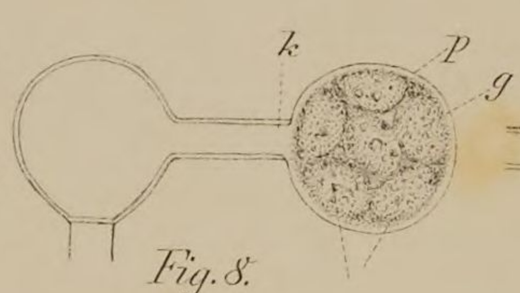


Fig. 8.

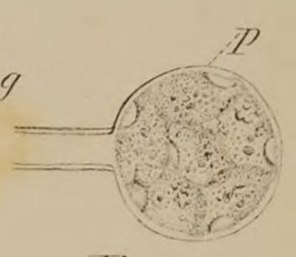


Fig. 9.

Fig. 10.

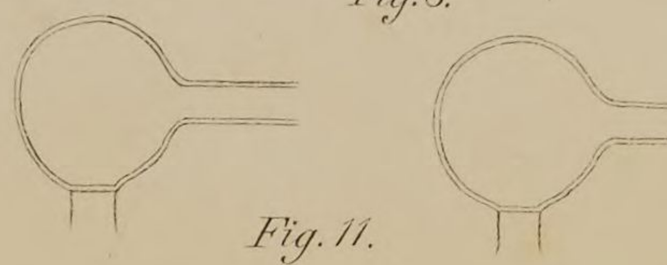


Fig. 11.

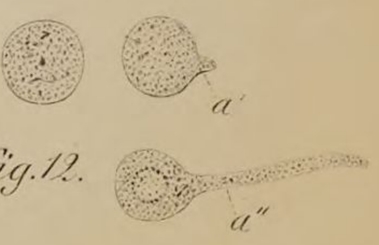


Fig. 12.

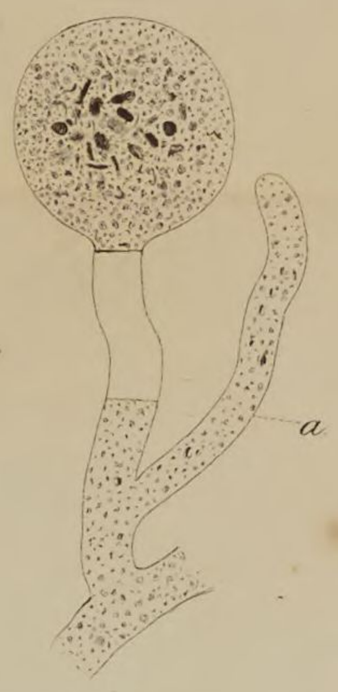


Fig. 13.

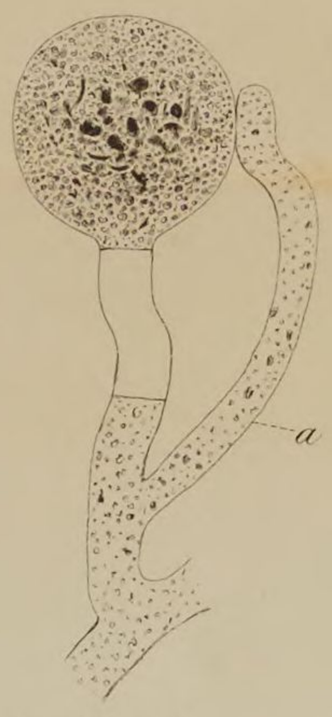


Fig. 14.

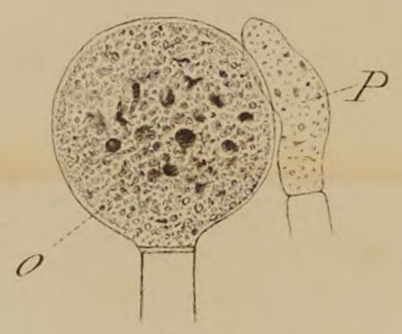


Fig. 15.

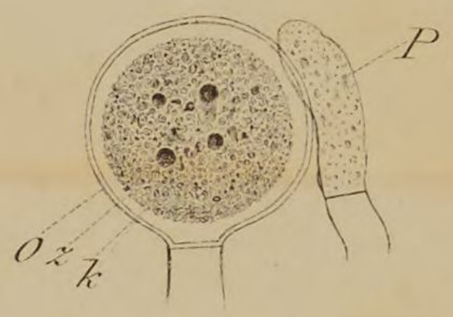


Fig. 16.

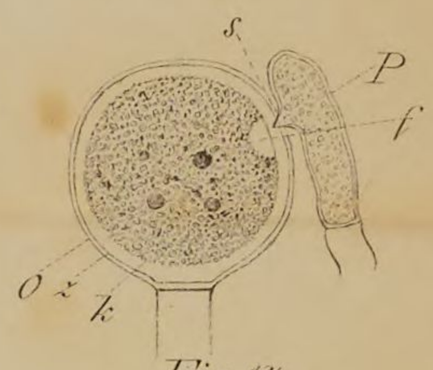


Fig. 17.

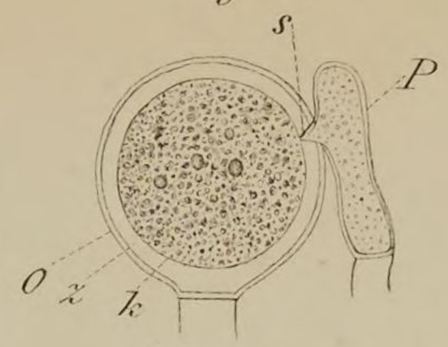


Fig. 18.

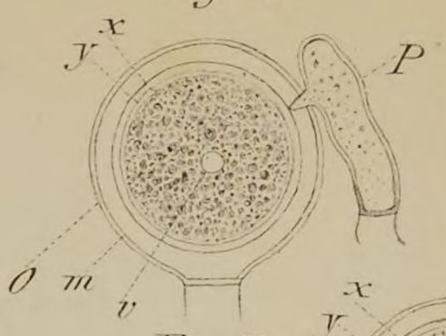


Fig. 19.

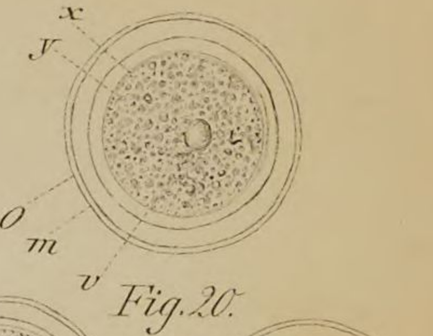


Fig. 20.

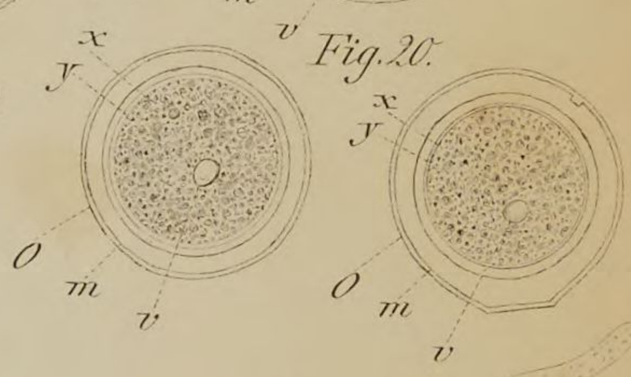
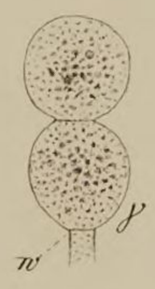


Fig. 21.



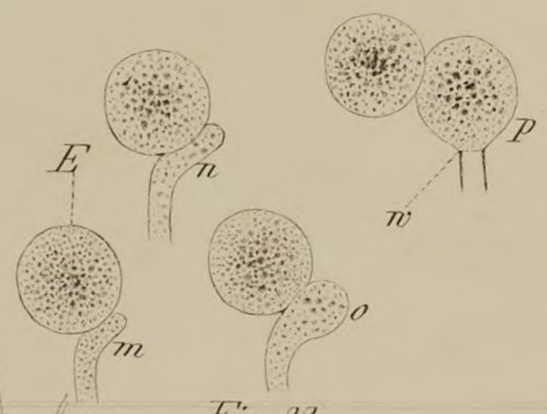


Fig. 22.

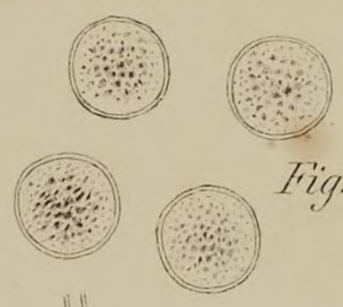


Fig. 23.

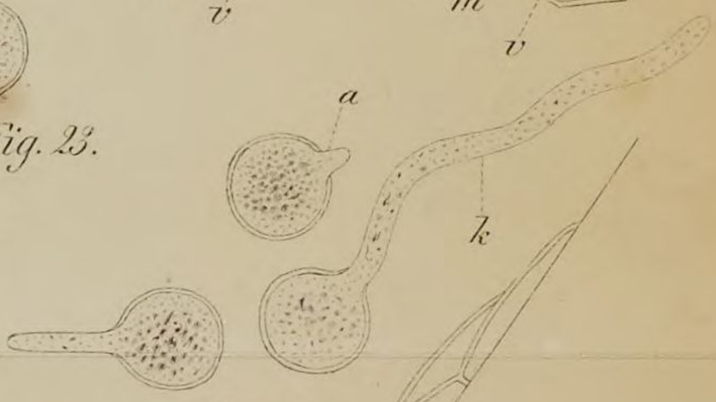


Fig. 24.

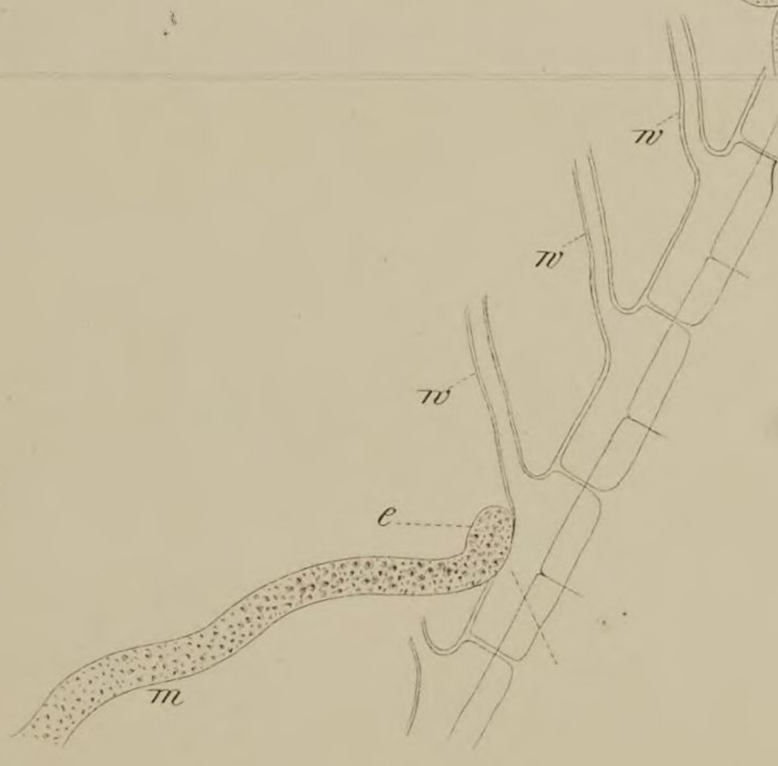


Fig. 25.

Fig. 29.

Fig. 26.

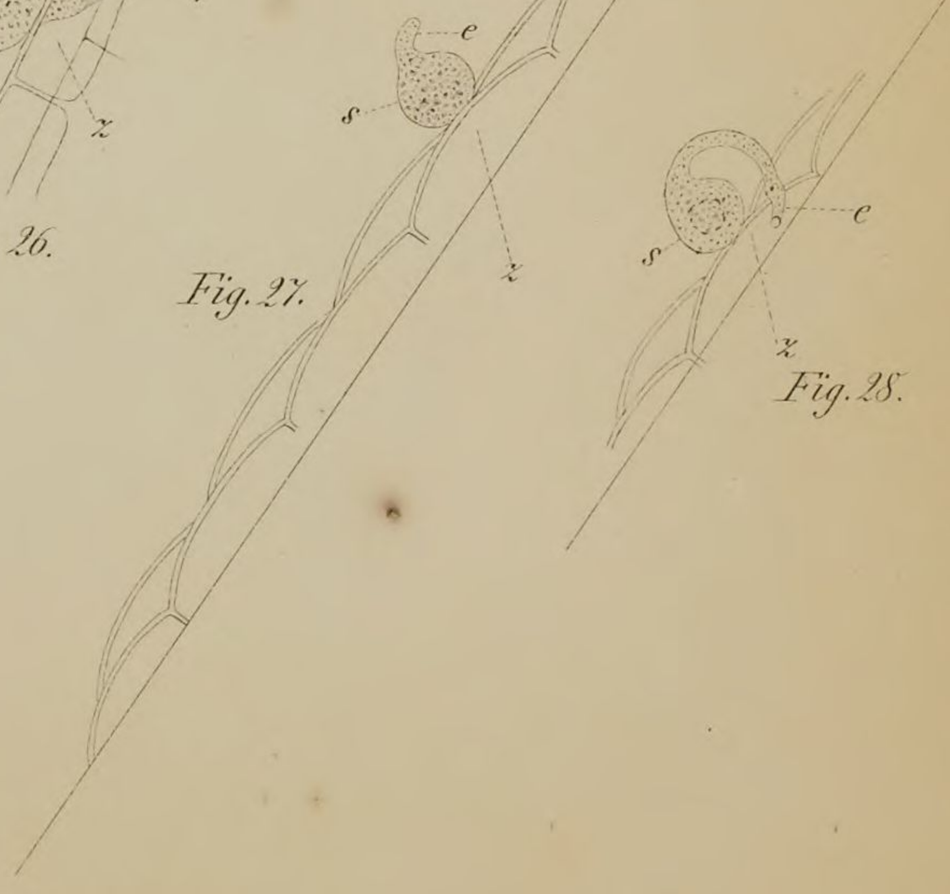


Fig. 27.

Fig. 28.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Hesse, Rudolph

Pythium De Baryanum ein endophytischer Schmarotzer in den Geweben der Keimlinge der Leindotter, der Rüben, des Spergels, und einiger anderer landwirthschaftlicher Kulturpflanzen Inaugural-Dissertation

Halle a/S. 1874

Oecon. 856 c
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11188039-6